

Tummien metsäjärvien ekologisen tilan arviointi pohjaeläimistön avulla

Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen

Markus Leppä



Tummien metsäjärvien ekologisen tilan arviointi pohjaeläimistön avulla

Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen

Markus Leppä



**POHJOIS-KARJALAN
YMPÄRISTÖKESKUS**

POHJOIS-KARJALAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 9 | 2007
Pohjois-Karjalan ympäristökeskus

Taitto: Aki Hassinen
Kansikuva: Uramo, Aki Hassinen
Sisäsivujen kuvat: Aki Hassinen

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Edita Prima Oy, Helsinki 2007

ISBN 978-952-II-2877-6 (nid.)
ISBN 978-952-II-2878-3 (PDF)
ISSN 1796-1874 (pain.)
ISSN 1796-1882 (verkkokj.)

ESIPUHE

Pohjois-Karjala on järvien ja jokien maakunta. Suuret järvet sekä lammet ja joet luovat monimuotoista luonnon maisemakuvaa, johon yhdistyy arvokkaita kulttuuriympäristöjä vanhan asutuksen sijoittuessa – vaarojen lakialueiden ohella – vesistöjen varsille. Vesistöt ovat tärkeä osa pohjoiskarjalaisten elämää. Loma-asutus, veneily ja kalastus ovat edelleenkin tärkeimpiä vesistöjen käyttömuotoja maakunnassa. Vesistöt tarjoavat kasvavalle luontomatkailulle omaleimaisia kohteita ja tukevat näin paikallisten elinkeinojen kehittämistä.

Pohjois-Karjalan vesistöjen tila on viime vuosina parantunut. Pistemäistä kuormitusta, asumajätevesien ja teollisuuslaitosten tuottamia jätevesiä, on vähennetty tehokkaasti uusinta teknologiaa käyttäen. Vesiensuojelun kannalta hajakuormituksen, maa- ja metsätalouden aiheuttaman kuormituksen merkitys onkin korostunut viime vuosina. Intensiivinen metsätalouden ja alueellisesti merkittävän maatalouden kuormituksen vähentäminen ovatkin tämän hetken keskeisiä vesiensuojelukysymyksiä.

Osana alueellista yhteistyötä Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuun yliopiston Ekologian tutkimusinstituutti (ETI, aiemmin Karjalan tutkimuslaitoksen ekologian osasto) ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos käynnistivät vuonna 2004 hankkeen ”Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen”. Hankkeen tavoitteena oli selvittää Pohjois-Karjalalle tyypillisten humuspitoisten vesistöjen tilaa biologian (kasviplankton, piilevät, vesikasvit, pohjaeläimet ja kalasto) ja vesikemian avulla. Hankkeessa selvitettiin myös valuma-alueelta vesistöön kohdistuvan kuormituksen ja vesistöjen ekologisen tilan suhdetta. Kerätyn pohjatiedon perusteella hankkeessa mukana olleille järville arvioitiin vesiensuojelun tarvetta. Hankkeesta saatuja tietoja voidaan käyttää jatkossa myös arvioitaessa Pohjois-Karjalan muiden humusvesien tilaa sekä hoito- ja kunnostustarpeita. Keskeinen osa oli myös paikallisten asukkaiden osallistuminen kotijärviensä tilan arviointiin hankkeessa tehdyn kyselyn avulla.

Hankkeen tuottamaa tietoa, loppuraportin ohella, on tarkemmin esitelty viidessä erillisraportissa sekä hankkeen omilla internetsivuilla. Lisäksi hanke tuotti kansalaisille tarkoitettua vesiensuojelun yleisesitteen sekä internetsivuston. Hanke tukee merkittävästi myös Euroopan unionin vesipolitiikan puitteiden edellyttämää pintavesien ekologisen tilan arviointityötä Pohjois-Karjalassa.

Hankkeen suunnittelusta ja koordinoinnista sekä loppuraportin ja piileväraportin laatimisesta on vastannut suunnittelija, FL Minna Kukkonen (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus), kasviplankton selvityksistä tutkija FL, MMK Anna-Liisa Holopainen (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, ETI), pohjaeläinselvityksistä tutkija FM Markus Leppä (ETI), vesikasviselvityksistä Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus, FM (väit.) Juhani Hynynen, kalastus selvityksistä FM Jukka Kekäläinen (ETI) ja Mikko Olin (RKTL) ekologisen tilan arvioinnista kalaston perusteella. Maankäyttöön ja karttoihin liittyvästä paikkatietoaineistojen käsittelystä vastasi ins. (AMK, ympäristöteknologia) Aki Hassinen.

Osallistujatahot haluavat kiittää tekijöitä ja kaikkia hankkeeseen osallistuneita ja toivovat, että nyt valmistunut hanke omalta osaltaan luo parempia valmiuksia pohjoiskarjalaisten vesistöjen tilan parantamiseksi sekä lisää ihmisten ympäristötietoisuutta ja -osaamista.

Hannu Luotonen
Pohjois-Karjalan
ympäristökeskus

Markku Viljanen
Ekologian tutkimusinstituutti
Joensuun yliopisto

Martti Rask
Riista- ja kalatalouden
tutkimuslaitos

SISÄLLYS

Esipuhe	3
1 Johdanto	7
2 Aineisto ja menetelmät	8
2.1 Tutkimusjärvet	8
2.2 Kuormitus ja vedenlaatu	9
2.3 Näytteenotto	10
2.4 Aineistosta lasketut muuttujat	11
3 Tulokset	12
3.1 Biomassa, yksilötiheys ja lajisto	12
3.2 Pohjanlaatuindeksit	13
3.3 Taksonirunsaus	13
3.4 Diversiteetti-indeksi	14
3.5 Rantanäytteiden DCA-analyysi	14
3.6 Syvännenäytteiden DCA-analyysi	16
3.7 Järvien ekologisen tilan luokittelu	16
4 Tulosten tarkastelu	18
4.1 Pohjaeläimet kuormituksen ilmentäjinä	18
4.1.1 Rantavyöhykkeen pohjaeläimet	18
4.1.2 Syvännepohjaeläimet	19
4.2 Järvien ekologisen tilan arviointi	19
5 Yhteenveto	21
Lähteet	22
Liitteet	23
Liite 1. Vertailujärvien perustiedot	23
Liite 2. Syvännenäytteiden pohjaeläintiheysarviot (yks. m ⁻² ja keskihajonta) sekä järvi-kohtainen kuuden näytteen yhteenlaskettu taksoniluku	24
Liite 3. Rantanäytteiden (2 kohdetta jokaisesta järvestä) pohjaeläinten yksilö- ja taksonimäärät kolmen potkuhaavinäytteen summina	25
Kuvailulehti	30
Presentationsblad	31
Documentation page	32

1 Johdanto

Pohjois-Karjalassa pienille järville leimaa-antaviin erityispiirteisiin kuuluu veden ruskea väri. Se on peräisin joukosta erilaisia eloperäisiä, orgaanisia yhdisteitä, joita kollektiivisesti nimitetään humukseksi. Humuksella on monitahoinen vaikutus järven ekologiaan – humus mm. estää valon tunkeutumista veteen ja lisää hapenkulutusta sisältämiensä orgaanisten aineiden hajotessa. Ensin mainittu johtaa keväisin päällysveden nopeaan lämpenemiseen ja voimakkaan lämpötilakerrostuneisuuden syntyyn, jälkimmäinen nostaa happikadon esiintymisen todennäköisyyttä luonnontilaisessakin järvessä. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen ja EU:n rahoittamassa hankkeessa ”Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen” (POKAvesi) arvioidaan alueelle tyypillisten pienten keskiumuksisten järvien (tyyppi 6, Pilke ym. 2002) ja pienten runsashumuksisten järvien (tyyppi 9, Pilke ym. 2002) ekologista tilaa useiden biologisten muuttujien perusteella. Tutkimuskohteina on joukko eriasteisesti kuormitettuja humusjärviä, joihin kohdistuvat ympäristöpaineet ovat pääosin peräisin metsätaloudesta. Hankkeen pohjaeläinosiossa tarkastellaan ympäristökuormituksen vaikutuksia järvien rantavyöhykkeen (litoraali) ja järvisyvänteiden (profundaali) pohjaeläinyhteisöihin. Järvien ekologisen tilan selvittämiseen käytetään pääosin perinteisiä pohjaeläintutkimuksen keinoja: pohjaeläimistön biomassaa ja yksilötiheyttä, indikaattorilajeihin perustuvia pohjanlaatuindeksejä sekä pohjaeläinyhteisöjen monimuotoisuustasoa. Lisäksi esimerkkinä Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivin

(VPD) mukaisesta järvien ekologisen tilan luokittelusta POKA-hankkeen tutkimusjärvet luokitellaan syvännepohjaeläimistöön perustuvilla biologisilla mittareilla. Vertailujärvinä luokittelussa käytetään viittätoista 6-tyypin järveä, jotka sijaitsevat Pohjois-Savossa (Tolonen ym. 2005).

Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivin (VPD) keskeisimpänä tavoitteena on vuoteen 2015 mennessä saavuttaa kaikkien EU:n jäsenmaiden pintavesissä hyvä ekologinen ja kemiallinen tila, jossa pintavesien eläin- ja kasviyhteisöjen ominaispiirteet ilmentävät korkeintaan vähäisiä muutoksia verrattuna luonnontilaiseen, vastaavan tyyppiseen vesimuodostumaan (EY 2000). Tavoitteeseen pyritään yhteiseurooppalaisella luokittelukäytännöllä, jolla pintavesimuodostumat ekologisen tilansa perusteella luokitellaan kuuluvaksi yhteen viidestä luokasta asteikon vaihdellessa erinomaisesta huonoon. Pohjaeläimet kuuluvat direktiiviin sisältyviin biologisiin tekijöihin, joita pintavesimuodostumien ekologisen tilan luokittelussa on sovittu käytettävän. Toimenpiteet ja tutkimukset direktiivin mukaisen järvien ekologisen luokittelun perustaksi pohjaeläimistön osalta ovat Suomessa vielä alkutaipaleella. Syvännepohjaeläimistön käyttöä ekologisen tilan luokittelussa on jo selvitetty (esim. Tolonen ym. 2005), mutta tarve saada riittävällä tarkkuudella määritettyjä vertailuaineistoja etenkin heikommin edustetuista järvityypeistä, sekä tietoa luokittelumenetelmän soveltamisesta käytäntöön tarvitaan pikaisesti lisää niin syvänteiden kuin rantavyöhykkeenkin pohjaeläimistön osalta.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1

Tutkimusjärvet

Pohjaeläintutkimukseen valittiin neljätoista humuspitoista järveä (taulukko 1). Vuonna 2004 käytössä olleen kansallisen järvityypittelyehdotuksen (Pilke ym. 2002) mukaan näistä kuului pieniin runsashumuksisiin järviin etukäteistietojen perusteella seitsemän järveä (tyyppi 9), pieniä keskikokoisia järviä oli kuusi (tyyppi 6), ja yksi järvi edusti keskikokoisia keskikokoisia järviä (tyyppi 7). Tyyppiin 6 kuuluvat järvet, joiden pinta-ala on alle 5 km² ja veden väri 30–90 mg Pt l⁻¹. Tyyppiin 9 järvien pinta-ala on myös alle 5 km², mutta veden väriluku ylittää 90 mg Pt l⁻¹. Tyyppiä 7 edustavan järven pinta-ala on yli 5 km², ja veden väri 30–90 mg Pt l⁻¹.

Tutkimukseen valituista järvistä 6-tyyppiin kuuluvat Halijärvi, Otmenenjärvi, Pusonjärvi, Rauanjärvi, Tuopanjärvi ja Uramo. Järvityyppiin

9 kuuluvat järvet ovat Harkkojärvi, Kinnasjärvi, Koppelojärvi, Naarvanjärvi, Oskajärvi, Palojärvi ja Petkeljärvi (taulukko 1). Tyyppiin 7 Kajoanjärvi (pinta-ala 5,5 km²) rinnastetaan tässä selvityksessä 6-tyyppiin järviin.

Ennen tämän raportin valmistumista ehdotus järvien tyypittelemiseksi muuttui ja tarkentui. Uudessa ehdotuksessa (Vuori ym. 2006) on järven syvyys ja viipymä huomioitu tyypittelytekijänä, jolloin Otmenenjärven uusi tyyppi on matala humusjärvi (Mh). Oskajärvi ja Palojärvi kuuluvat mataliin runsashumuksisiin järviin (MRh), ja Petkeljärvi ja Naarvanjärvi lyhytviipymäisiin reittivesiin (Lv). Kinnas-, Harkko- ja Koppelojärvien uusi tyyppi on runsashumuksiset järvet (Rh), Kajoanjärvi on keskikokoinen humusjärvi (Kh) ja loput viisi järveä kuuluvat tyyppiin pienet humusjärvet (Ph). Tässä raportissa järvityypit ja niiden numerointi kuitenkin viittaavat, ellei toisin mainita, vuonna 2002 esitettyyn järvityypittelyyn (Pilke ym. 2002).

Taulukko 1. Kohdejärvien perustietoja. Väriluku on pitkänajan keskiarvo näytteenottoa edeltävältä ajalta. Muut vedenlaatu-tiedot ovat pohjaeläinnäytteenoton aikaisia arvoja (päälysvesi/alusvesi). Ptot = kokonaisfosfori, Ntot = kokonaistyppi.

Järvi	Kunta	Pinta- ala km ²	Tila- vuus 10 ³ m ³	Keski- syvyys m	Näyte- syvyys m	Väri Pt mg l ⁻¹	pH	Happi- kyll. %	Ptot µg l ⁻¹	Ntot µg l ⁻¹
Tyyppi 6										
Halijärvi	Juuka	2,3	13 468	5,8	17	82	6,6/6,0	81/18	19/23	450/600
Kajoanjärvi	Juuka	5,5	62 489	11,3	47	60	6,8/6,2	86/60	10/15	410/470
Otmenen- järvi	Joensuu	1,4	2 826	2,0	6	80	6,5/6,5	82/82	18/18	570/590
Pusonjärvi	Kontiolahti	1,7	11 970	7,3	19	70	6,7/6,1	81/32	8/10	440/490
Rauanjärvi	Juuka	4,2	13 031	3,1	11	80	6,4/6,0	77/23	15/13	480/530
Tuopanjärvi	Juuka	3,2	13 768	4,4	19	70	6,8/6,4	82/1	14/21	540/860
Uramo	Eno	3,3	18 790	5,8	19	80	6,4/5,9	81/27	9/13	420/430
Tyyppi 9										
Harkkojärvi	Ilomantsi	4,4	15 164	3,5	11	190	5,8/5,8	75/76	28/30	600/610
Kinnasjärvi	Joensuu	1,4	6 103	4,4	23	140	5,6/5,6	74/3	25/67	580/770
Koppelojärvi	Valtimo	4,7	21 657	4,6	15	185	5,5/5,5	77/77	56/58	520/530
Naarvanjärvi	Ilomantsi	1,3	3 203	2,5	8	160	5,3/5,1	72/66	26/28	610/630
Oskajärvi	Ilomantsi	3,7	9 795	2,6	12	190	5,5/5,6	75/73	24/24	630/610
Palojärvi	Nurmes	1,7	2 776	1,7	8	230	5,4/5,2	74/60	56/72	590/660
Petkeljärvi	Ilomantsi	1,8	5 484	3,1	9	112	5,3/5,9	79/79	19/18	400/400

Vertailujärvinä ekologisen tilan luokittelussa käytettiin syvänteiden osalta viittätoista Pilke ym:n (2002) tyypittelyn mukaista 6-tyypin järveä, jotka sijaitsevat Pohjois-Savossa (liite 1). Järvityyppikoh-taisen vertailuaineiston puuttuessa 9-tyypin järvis-tä myös niihin sovelletaan 6-tyypin vertailujärvistä laskettuja arvoja.

2.2

Kuormitus ja vedenlaatu

Järvien kuormittuneisuuden arviointia varten valuma-alueiden maankäyttö selvitettiin Corine 2000 satelliittikuva-aineiston avulla. Ravinnekuor-mitusarvot laskettiin satelliittikuvista havaittu-jen maankäyttöalueiden ja näiden ominaishuuh-toumakertoimien perusteella (Kukkonen ym. 2007). Järvien kuormittuneisuutta tarkasteltiin lähivaluma-alueen ojitusintensiteetillä (ojametrejä hehtaarilla) sekä lähivaluma-alueelta tulevala fos-forikuormituksella, johon tässä osatutkimuksessa lisättiin 25 % kaukovaluma-alueelta peräisin ole-vasta kuormituksesta. Tarkasteluissa laskennal-

linen P-kuormitus suhteutettiin järven tilavuuteen ($P \text{ mg m}^{-3} \text{ v}^{-1}$).

Tutkimusjärvien lähivaluma-alueiden pinta-ala oli keskimäärin n. 5 000 ha ääripäiden ollessa Kinnasjärven 1 002 ha ja Koppelojärven 10 596 ha. Metsämaan osuus lähivaluma-alueiden pinta-alas-ta ylitti 50 % kaikissa kohdejärvissä (taulukko 2). Turvemaan osuus vaihteli Otmenenjärven ja Kin-nasjärven 16 %:sta Naarvanjärven 46 %:iin. Maa-talousmaan osuus oli vähäinen ja vaihteli välillä 0,3–10 %. Keskimäärin tyyppin 9 järvien lähivalu-ma-alueilla metsä- ja turvemaan osuus sekä ojitus-intensiteetti olivat suurempia, ja maatalousmaan osuus pienempi kuin 6-tyypin järvillä. Suurin osa 6-tyypin järvistä on latvavesiä ilman kaukovaluma-alueita. Tyypissä 9 latvavesiä ovat vain Koppelo-, Oska- ja Palojärvi. Laskennallinen kokonaisfosfori-kuormitus ilman luonnonhuuhtoumaa ($Lva + 25 \% Kva$) sekä järven tilavuuteen suhteutettu P-kuor-mitus oli 9-tyypin järvissä 6-tyypin järviä suurempi (t-testi, $p < 0,05$).

Suurimmalle ravinnekuormitukselle altistuivat 9-tyyppiin kuuluvat Naarvanjärvi, Kinnasjärvi ja Petkeljärvi, joiden vesitilavuuteen suhteutettu fosforikuormitus oli 14–20 -kertainen lievimmin

Taulukko 2. POKA-järvien valuma-alueetietoja: lähi- ja kaukovaluma-alueen (Lva, Kva) pinta-ala (ha), lähivaluma-alueen maankäyttömuotojen osuus maapinta-alasta (%), ojitusintensiteetti (ojametrejä ha^{-1}), laskennallinen lähivaluma-alueelta tuleva fosforikuormitus ilman luonnonhuuhtoumaa lisättynä 25 %:lla kaukovaluma-alueelta tulevaa kuormitusta (kg a^{-1}) ja fosforikuormitus suhteutettuna järven tilavuuteen ($\text{mg m}^{-3} \text{ v}^{-1}$).

Järvi	Lva ha	Kva ha	Metsä- maa %	Turve- maa %	Maatalous- maa %	Ojitus- intensiteetti m ha^{-1}	Fosforikuormitus $Lva+25\% kva$ kg v^{-1}	Fosfori- kuormitus $\text{mg m}^{-3}\text{v}^{-1}$
Halijärvi	2 572	-	82	27	7,0	81	249	19
Kajoonjärvi	2 168	10 308	88	18	5,0	61	746	12
Otmenenjärvi	3 765	-	94	16	3,0	43	240	85
Pusonjärvi	2 346	-	91	22	3,0	81	145	12
Rauanjärvi	5 964	-	64	38	2,0	89	307	24
Tuopanjärvi	3 122	4 286	84	31	6,0	93	411	30
Uramo	4 506	-	94	22	1,0	53	227	12
Harkkojärvi	2 667	14 938	91	30	1,0	77	592	39
Kinnasjärvi	1 002	27 095	84	16	10,0	48	1 157	190
Koppelojärvi	10 596	-	94	39	2,0	121	458	21
Naarvanjärvi	4 419	59 561	89	46	1,0	122	774	242
Oskajärvi	3 984	-	91	37	3,0	97	289	30
Palojärvi	6 265	-	93	43	0,4	156	142	51
Petkeljärvi	2 610	20 893	93	29	0,3	77	941	172

kuormitettuihin Kajaanjärveen, Pusonjärveen ja Uramoon verrattuna. Naarvan-, Kinnas- ja Petkeljärven tilanne selittyy kaukovaluma-alueiden voimakkaalla kuormituksella. Kuormittuneimmat 6-tyypin järvistä olivat Otmenenjärvi ja Tuopanjärvi. Otmenenjärven laskennallinen fosforikuormitus oli n. 7-kertainen 6-tyypin lievimmän kuormitettuihin järviin verrattuna. Tuopanjärven valuma-alueen ojitusintensiteetti (93) oli 6-tyypin järvistä korkein muiden järvien ojitusintensiteetin vaihdellessa välillä 43–89 m ha⁻¹. Ojitusintensiteetti vaihteli 9-tyypin järvissä välillä 48–156 m ha⁻¹ ollen suurimmillaan Palojärvellä, ja kohoten myös Koppelo- ja Naarvanjärvellä yli 120:n.

Järvityypit erosivat veden väriluvun lisäksi pH:n ja kokonaisfosforipitoisuuden osalta. pH oli 9-tyypin järvissä selvästi matalampi (Mann Whitney -testi, $p < 0,001$), ja kokonaisfosfori korkeampi kuin 6-tyypin järvissä. (Mann Whitney -testi, $p < 0,001$). Happitilanne järvissä oli keskimäärin varsin hyvä lukuunottamatta Tuopanjärveä ja Kinnasjärveä, joiden syvänteet olivat käytännössä hapettomia (taulukko 1). Alusveden hapen kyllästysprosentin osalta järvityypit eivät poikenneet toisistaan, ja syvänteiden happikyllästyksen korrelaatio

lähivaluma-alueen kuormitustekijöihin oli heikko.

Päällysveden P-pitoisuus korreloi vahvasti valuma-alueen turvemaan osuuden ($r = 0,61$, $p < 0,05$, Pearson) ja ojitusintensiteetin kanssa ($r = 0,70$, $p < 0,01$). Alusveden P-pitoisuudella vastaava riippuvuus oli samansuuntainen mutta selvästi heikompi. Päällysveden pH korreloi voimakkaimmin valuma-alueen turvemaan osuuden ($r = -0,60$, $p < 0,05$) ja tilavuuteen suhteutetun P-kuormituksen kanssa ($r = -0,58$, $p < 0,05$). Alusveden pH:n riippuvuus valuma-alueen turvemaan osuudesta ja ojitusintensiteetistä oli myös voimakas ($r = -0,73$ ja $-0,75$, $p < 0,01$). Lähivaluma-alueen turvemaan osuuden ja ojitusintensiteetin keskinäinen korrelaatio oli odotetusti voimakas ($r = 0,87$, $p < 0,001$).

2.3

Näytteenotto

Pohjaeläinnäytteet otettiin 13 järvestä loka-marraskuussa vuonna 2004. Litoraalinäytteet kerättiin kivikkorannoilta potkuhaavimenetelmällä kahdel-



ta näytepisteeltä. Kukin näyte koostui kolmesta 1 metrin pituisesta potkuhaavinnasta, jonka kesto oli 10 sekuntia. Mikäli järvestä ei löytynyt kivikorantaa, näytteet otettiin mahdollisimman kova-pohjaisilta rannoilta. Syvänteistä otettiin Ekman-pohjaeläinnoutimella (SFS 5076, 1989) 6 erillisinä näytteinä käsiteltyä nostoa yhdeltä näytepisteeltä, joka pääsääntöisesti oli järven syvin kohta. Käytettyjen näytteenottimien pinta-alat olivat 282 cm² ja 270,5 cm². Nurmeksien Palojärven syvänne näytteet otettiin vastaavalla menetelmällä maaliskuussa 2005. Jääpeitteen vuoksi Palojärven rantavyöhykkeen näytteitä ei kerätty.

Ekman-näytteet seulottiin maastossa 0,5 mm silmäkoon seulalla ja jäännös säilöttiin 70 % etanoliin. Eläimet poimittiin myöhemmin laboratoriossa valkoiselta muovialustalta valolla varustetun suuren lasin avulla ja määritettiin mahdollisuuksien mukaan lajitasolle saakka. Ryhmäkohtaiset biomassat määritettiin tuoremassana standardin mukaisesti. Vesinäytteet otettiin syvänne näytepisteiltä pohjaeläinnäytteenoton yhteydessä. Pohjaeläinselvityksen taustamuuttujina käytetyt vedenlaatutiedot ovat Palojärveä lukuun ottamatta syksyltä 2004. Palojärven osalta käytetään elokuun 2003 vedenlaatutietoja.

2.4

Aineistosta lasketut muuttujat

Syvänteiden pohjaeläinnäytteistä laskettiin havaintopaikoille Wiederholmin (1980) tiettyihin indikaattorilajeihin perustuvat, lähinnä ravinteisuutta ja happitilannetta kuvaavat pohjanlaatuindeksit, joista BQI hyödyntää surviaissääskien, ja OBQI harvasukasmatojen esiintymistä. Surviaissääski-indeksi saa arvoja 1–5, ja harvasukasmato-indeksi 1–4. Runsasravinteiset ja happiköyhät järvet saavat yleensä matalia indeksiarvoja – niukkaravinteisissä ja runsashappisissa järvissä indeksit lähestyvät maksimiarvoa.

Pohjaeläinyhteisöjen monimuotoisuuden kuvaajana käytettiin Shannonin diversiteetti-indeksiä (Shannon 1949). Syvänne näytteistä laskettiin taksonirunsaudet ja ryhmäkohtaiset biomassa- ja yksilötiheysarviot, jotka ilmoitetaan grammoina ja yksilöinä neliometriä kohti. Rantavyöhykkeen potkuhaavinnäytteistä laskettiin yksilö- ja taksoni-

määrät. Taulukoissa ilmoitetut taksonirunsaudet järvisyvänteiden osalta ovat kuuden rinnakkaisen näytteen, ja rantanäytteissä kolmessa erillisessä potkuhaavinnäytteessä esiintyneiden taksonien summia. Kuvissa syvänteiden taksonimäärät ovat kuuden Ekman-näytteen, ja rantavyöhykkeessä kahden näytepisteen potkuhaavinnäytteiden keskiarvoja.

Pohjaeläinten yhteisörakennetta tarkasteltiin oikaistulla korrespondenssianalyysillä (DCA, Hill ja Gauch 1980). Analyysissä käytettiin logaritmi-muunnettuja eläintiheyksiä ($\log_{10}(x+1)$).

Järvien ekologisen tilan luokitteluksi syvänne näytteistä laskettiin ekologiset laatusuhteet (EQR) seuraaville muuttujille: pohjanlaatuindeksi (BQI), Shannonin diversiteetti-indeksi, taksonirunsaus sekä taksonikoostumus. Ekologinen laatusuhde muodostuu tietyn biologisen muuttujan havaitun arvon (O, observed) ja saman muuttujan vertailuolija kuvaavan arvon (E, expected) suhteesta, joka VPD:n mukaan vaihtelee välillä 0–1. O/E-suhdetta on tarkemmin käsitelty mm. Hämäläisen ym. (2002) julkaisussa. Odotusarvot em. muuttujille ovat peräisin Tolosen ym. (2005) kokoamasta 6-tyypin vertailujärviaineistosta. Vertailuolija kuvaavat arvot ovat vertailujärvien biologisten muuttujien keskiarvoja. Taksonikoostumuksen osalta yleensä järvityypille ominaisiksi tyyppilajeiksi huomioidaan ne taksonit, jotka esiintyvät 50 %:ssa vertailujärvistä (TL50%), mutta myös 25 %:n rajaa on onnistuneesti sovellettu (Tolonen ym. 2005). Koska kohdejärvien syvänteiden näyte- ja lajimäärät olivat varsin pieniä, päädyttiin tässä työssä jälkimmäiseen vaihtoehtoon (TL25%).

Vertailuaineiston tyyppilajit olivat harvasukasmato *Potamothrix/Tubifex* spp., hernesimpukka *Pisidium* spp., surviaissääsket *Chironomus antrachinus*, *Chironomus plumosus*, *Procladius* spp., *Sergentia coracina* ja *Zalutschia zalutshicola* sekä sulkasääski *Chaoborus flavicans*. Vertailuaineiston ekologisten laatusuhteiden odotusarvot olivat tyyppilajeille (TL25%) 4,07, pohjanlaatuindeksille (BQI) 2,09, taksonirunsaudelle 5,73 ja Shannonin diversiteetti-indeksille 1,03. Tyyppilajit ja ekologisten laatusuhteiden odotusarvot eri biologisille muuttujille on poimittu julkaisusta ”Syvänteiden pohjaeläimet järvien ekologisen tilan luokittelussa” (Tolonen ym. 2005).

3 Tulokset

3.1

Biomassa, yksilötiheys ja lajisto

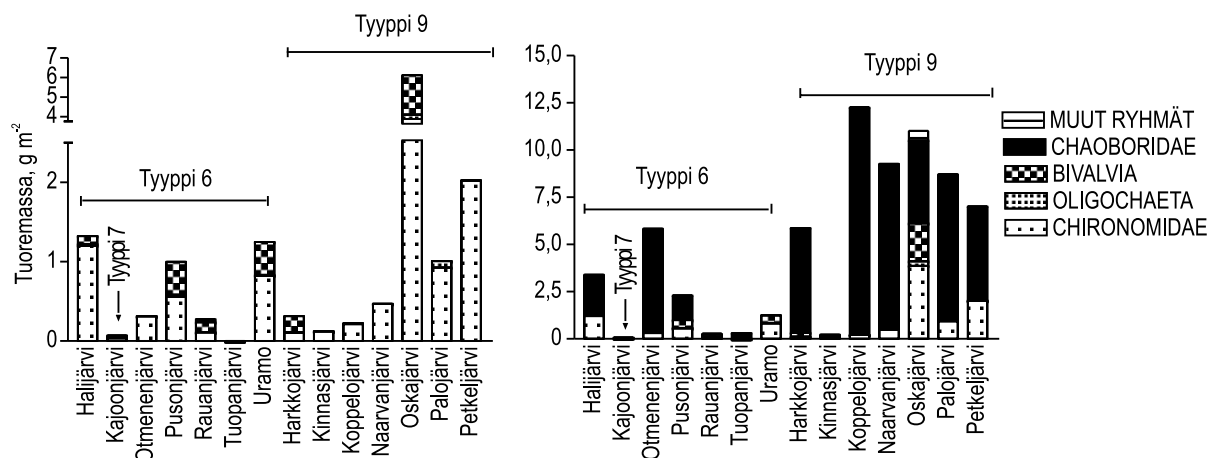
Syvännenäytteissä yleisin taksoni oli *Chaoborus flavicans* -sulkasääski, joka puuttui ainoastaan niukkaravinteisista Puson- ja Kajaanjärvestä. Sulkasääsken toukat muodostivat valtaosan biomassasta lähes kaikissa järvissä. Vain Uramossa, Kajaanjärvestä ja Kinnasjärvestä muut eläinryhmät olivat vallitsevia (kuva 1).

Biomassa-arvio vaihteli Kajaanjärven 0,07 grammaa Koppelojärven 12,25 grammaan neliömetrillä. Järvityypin 9 syvänebiomassat olivat selkeästi korkeammat kuin 6-typin järvissä (Mann Whitney -testi, $p=0,035$). Tilastollisesti merkitseviä positiivisia korrelaatioita pohjaeläinbiomassalla oli päänlysveden P-pitoisuuden ($r=0,71$, Pearson), veden värin ($r=0,76$), lähivaluma-alueen pinta-alan ($r=0,57$), turvemaan osuuden ($r=0,66$) ja ojitusintensiteetin ($r=0,56$) kanssa. Negatiivisesti biomassa korreloi pH:n ($r=-0,73$) ja näytesyvyyden ($r=-0,61$) kanssa. Alusveden P-pitoisuuden ja pohjaeläinbiomassan välinen korrelaatio oli positiivinen, muttei tilastollisesti merkitsevä. Korrelaatiota heikentää mm. tilanne Kinnasjärvestä, jonka lähes hapettomalla pohjalla eläimistö on niukkaa varsin korkeista ravinnepitoisuuksista huolimatta. Kinnas- ja Tuopanjärven syvänteissä, joissa happipitoisuus

oli alhainen, myös tiheysarviot olivat järvijoukon pienimmät (liite 2). Palojärven (näytteenotto maaliskuussa 2005) pohjaeläimistö sen sijaan oli runsas, vaikka Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen keräämien vedenlaatutietojen mukaan alusveden happitilanne on useina talvina ollut heikko.

Tyyppin 6 järvien korkeimmat biomassa-arviot saatiin Otmenenjärvestä, joka mataluutensa puolesta muistuttaa tutkimuksessa mukana olevia 9-typin järviä. Korkeat biomassat 6-typin Hali- ja Otmenenjärvestä sekä kaikissa 9-typin järvissä Kinnasjärveä lukuun ottamatta johtuvat *Chaoborus flavicans* -sulkasääsken massaesiintymistä. Matalasta Otmenenjärvestä tehtiin ainoa havainto eutrofiaindikaattorina pidetystä *Chironomus plumosus* -surviaissääskeistä. Muissa ”*Chaoborus*-järvissä” esiintyi yleisesti myös rehevyyttä suosivia ja vähähappisessa ympäristössä selviytyviä *Chironomus antrachinus* -surviaissääskitoukkia.

Kun sulkasääsket jätetään huomioimatta, ei syvänebiomassan ja ympäristömuuttujien välillä havaittu tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita. Myöskään järvityypit eivät enää eronneet biomassan osalta toisistaan. Surviaissääskitoukat (*Chironomidae*) olivat sulkasääsken jälkeen selvästi merkittävin eläinryhmä (kuva 1). Korkeimmat biomassa-arviot saatiin Oskajärven syvänteelle, jossa surviaissääskitoukkien (erityisesti *Chironomus antrachinus*) lisäksi esiintyi runsaasti



Kuva 1. Syvänneäytteiden ryhmäkohtaiset biomassa-arviot (g m⁻²). Vasemmalla olevan kuvan ryhmäbiomassat ilman sulkasääskiä (*Chaoboridae*). Huomaa kuvien y-akselien erilainen skaalaus.

hernesimpukoita (*Pisidium* sp.) ja harvasukasmatoja (*Oligochaeta*). Harvasukasmadoista *Limnodrilus hoffmeisteri* on eutrofiaindikaattori, ja sitä tavattiin vain Oskajärven syvänteestä. Toisaalta Oskajärven lajistoon kuului myös *Spirosperma ferox* -harvasukasmato, jonka esiintyminen syvänteissä ilmentää oligotrofiaa.

Rantanäytteissä yksittäisistä taksoneista vesi-siira *Asellus aquaticus* esiintyi kaikissa järvissä (liite 3). *Gyraulus* -suvun kotiloita tavattiin vain 6-tyypin järvissä. Syvänteiden oligotrofiaindikaattori *Spirosperma ferox* -harvasukasmato suosi selkeästi 6-tyypin järviä, eikä *Chaetogaster* -harvasukas-matoja ja *Ephemera vulgata* -päivänkorentoja tavattu lainkaan happamammista 9-tyypin järvistä (taulukko 4). Mesotrofiaindikaattori *Sergentia coracina* -surviaissääskeä esiintyi vain 6-tyypin järvisyvänteissä (liite 3).

3.2

Pohjanlaatuindeksit

Pohjanlaatuindeksien (Wiederholmin BQI ja OBQI) käyttöä järvien ekologisen tilan arvioinnissa hankaloitti indikaattorilajien vähäisyys (kuva 2). Indikaattorilajit puuttuivat syvänteestä kokonaan Kinnasjärvessä, ja kahdeksasta muusta järvestä indikaattorilajit puuttuivat joko surviaissääskien tai harvasukasmaton osalta. Surviaissääskiin perustuvan pohjanlaatuindeksin (BQI) korkeimmat arvot havaittiin Kajoonjärvellä, Pusonjärvellä ja Uramolla, jotka vedenlaatu- ja kuormitustieto-

jen mukaan ovat järvijoukon karuimpia ja vähiten kuormitettuja. Näillä järvillä indeksiarvot kuvastavat lähinnä mesotrofiaa. Tuopanjärven syvänteestä puuttuivat surviaissääsket kokonaan, eikä Harkkojärvestä ja Kinnasjärvestä tavattu indikaattorilajeja lainkaan.

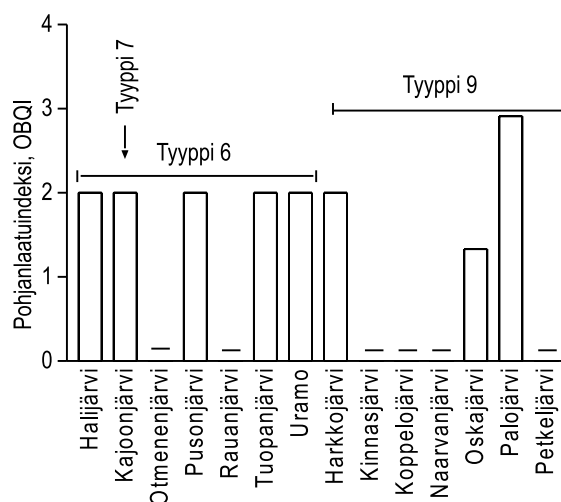
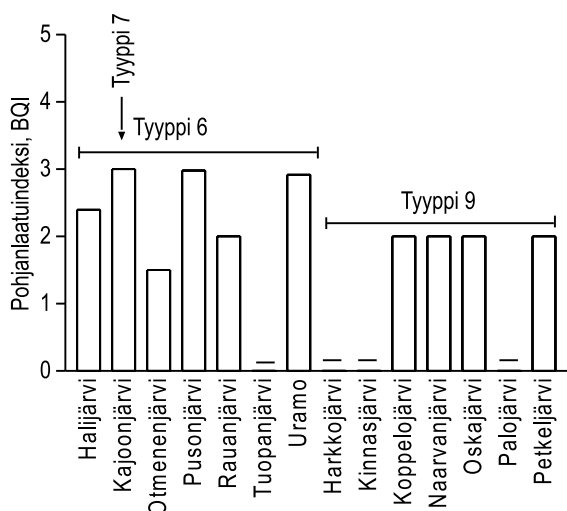
Harvasukasmatoindeksi (OBQI) kyettiin laskemaan kahdeksalle järvelle. Indeksillä oli korkein Palojoella, jonka syvänteessä on useina vuosina havaittu happikatoa ja korkeita ravinnepitoisuuksia. Suurimmalle osalle järvistä indeksit kuvastivat mesotrofisia oloja.

3.3

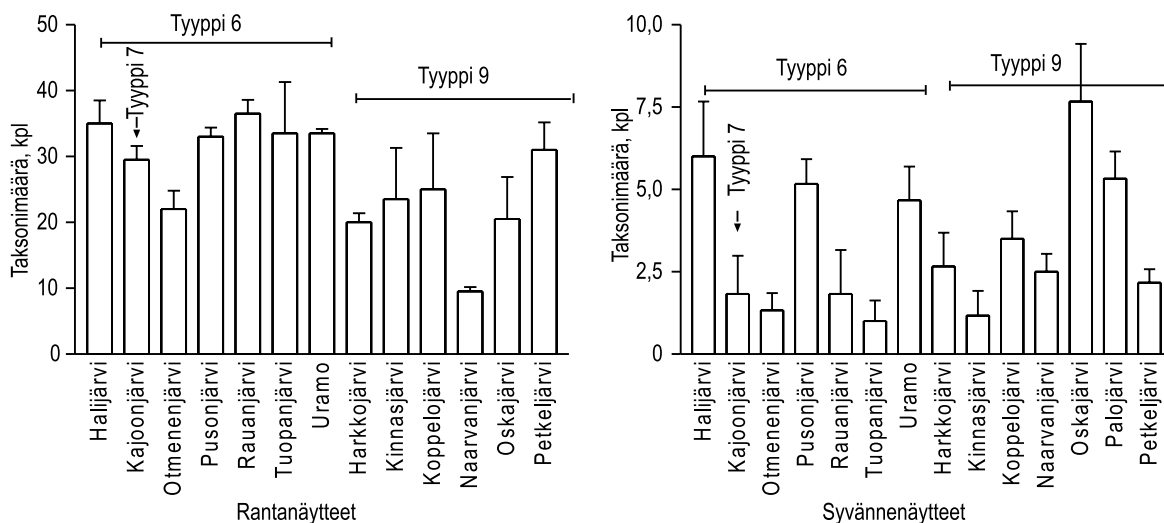
Taksonirunsaus

Rantavyöhykkeen taksonirunsaus oli 6-tyypin järvissä keskimäärin korkeampi kuin 9-tyypin järvissä (Mann-Whitney U-testi, $p < 0,001$). Rantanäytteissä korkein järvi-kohtainen taksonikeskiarvo tavattiin Rauanjärvessä ($\bar{x} = 36,5$) ja matalin Naarvanjärvessä ($\bar{x} = 9,5$), jonka hiekkarantaiset näyteasemat poikkeavat selkeästi muiden järvien kivikkorannoista homogeenisemmalla pohjan rakenteella. Syväntenäytteiden taksonirunsaudet järvi-tyyppien välillä eivät poikenneet toisistaan (kuva 3).

Taksonirunsaus rantanäytteissä korreloi positiivisesti päänlysyveden pH:n kanssa ($r = 0,59$, $p < 0,05$) ja negatiivisesti P-pitoisuuden kanssa ($r = -0,81$, $p < 0,001$). Syväntenetaksinomäärä korreloi vahvimmin laskennallisen vuosittaisen P-kuormituksen kanssa ($r = -0,57$, $p < 0,05$).



Kuva 2. Surviaissääskiin (BQI) ja harvasukasmatoihin (OBQI) perustuvat Wiederholmin pohjanlaatuindeksit.



Kuva 3. Ranta- ja syvännenäytteiden järvikohtaiset taksonikeskiarvot ja keskihajonnat.

3.4

Diversiteetti-indeksi

Shannonin diversiteetti-indeksi sai 6-tyypin järvi-en rantavyöhykkeessä keskimäärin korkeampia arvoja kuin 9-tyypin järvissä (Mann-Whitneyn testi, $p < 0,01$). Rauanjärvellä rantavyöhykkeessä diversiteetti oli korkein, ja Naarvanjärven hiekkarantaisilla näytepaikoilla selvästi matalin. Syvännenäytteissä järviyypin keskimääräiset diversiteetti-indeksit eivät poikenneet toisistaan (taulukko 3),

Taulukko 3. Järvikohtaiset Shannonin diversiteetti-indeksit sekä järviyypikohtaiset keskiarvot ja keskivirheet (SE).

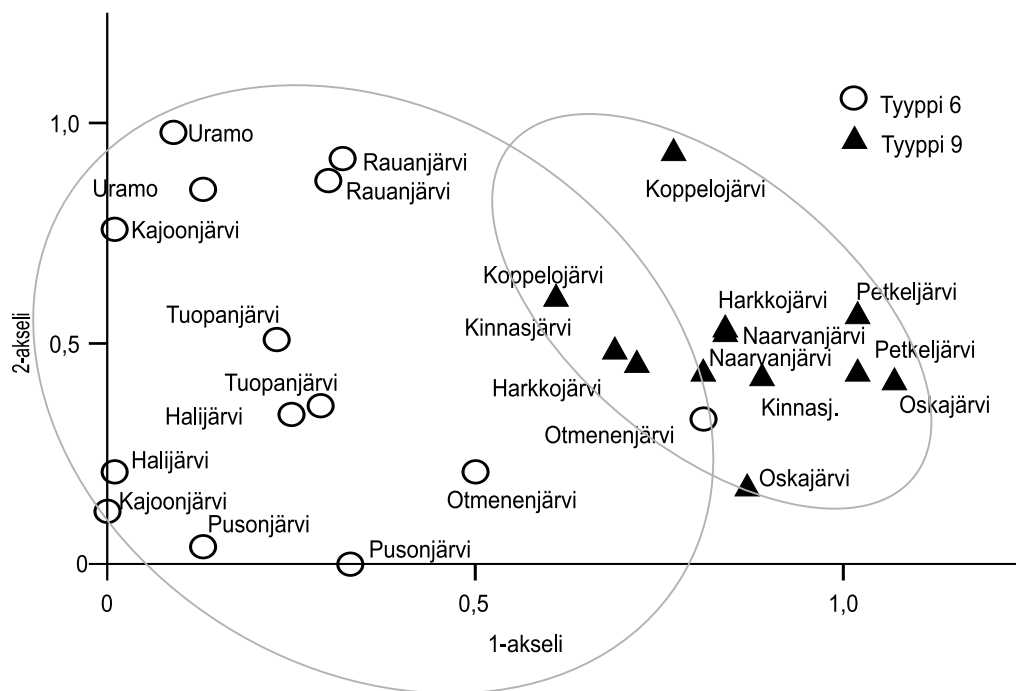
Tyyppi 6	Syväne	Ranta 1	Ranta 2
Halijärvi	1,51	2,10	2,83
Kajoanjärvi	1,02	2,66	2,44
Otmenenjärvi	0,05	2,63	2,74
Pusonjärvi	1,38	2,65	2,81
Rauanjärvi	0,91	3,13	3,23
Tuopanjärvi	0,24	2,77	3,16
Uramo	1,41	2,57	2,25
Keskiarvo	0,93		2,71
SE	0,24		0,09
Tyyppi 9	Syväne	Ranta 1	Ranta 2
Harkkojärvi	0,25	2,29	1,74
Kinnasjärvi	0,64	2,21	2,44
Koppelojärvi	0,28	2,45	2,30
Naarvanjärvi	0,22	1,73	1,60
Oskajärvi	1,30	1,97	2,16
Palojärvi	1,25	-	-
Petkeljärvi	0,43	2,72	2,58
Keskiarvo	0,63		2,18
SE	0,24		0,10

mutta kuormituksen vaikutus diversiteettiin oli silti nähtävissä. Järviyypissä 6 syvännepohjaeläimistön osalta neljä korkeimman indeksin järveä oli fosforin suhteen neljän lievimmän kuormitetun järven joukossa, ja vastaavasti 9-tyypin järvissä pohjaeläimistön korkeimmat diversiteetit havaittiin Oskajärvellä ja Palojärvellä, joiden laskennallinen ravinnekuormitus oli verrattain pieni (taulukko 3). Rantavyöhykkeessä diversiteetti-indeksit eivät ilmentäneet kuormitusta yhtä selvästi kuin syvänteissä. Voimakkaimmin kuormitettujen järvien rantanäytteissä tavattiin sekä korkeita että matalahkoja indeksiarvoja.

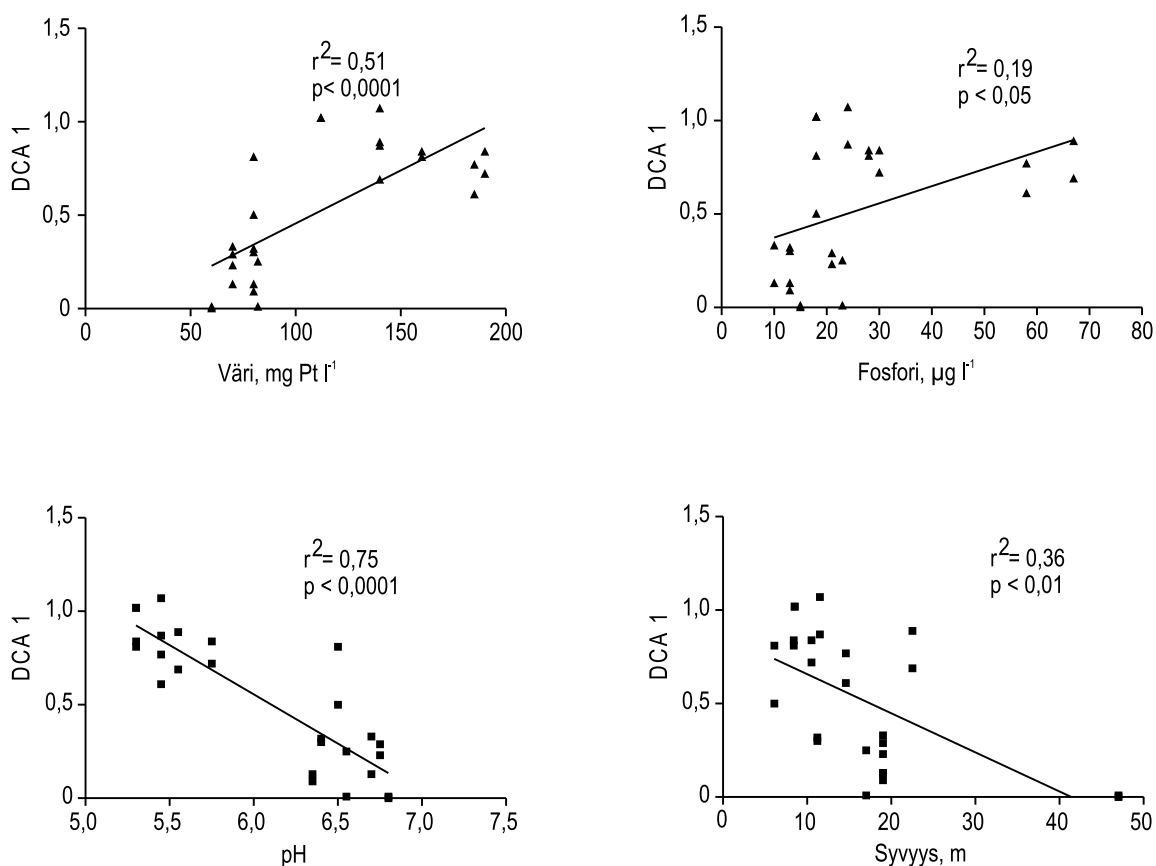
3.5

Rantanäytteiden DCA-analyysi

Rantanäytteiden DCA-ordinaatiossa kohdejärvet ryhmittivät varsin säännöllisesti järviyypinsä mukaisesti (kuva 4). Yhteisökoostumuksen päävaihtelu suuntaa kuvaavan 1. ordinaatioakselin suhteen karuimpien järvien (Pusonjärvi, Kajoanjärvi, Uramo) näytealueet sijoittuivat kuvaajassa vasemmalle ja ravinteikkaampien pääsääntöisesti oikealle. Oikealle kuvaajassa sijoittuvat 9-tyypin järvet ovat tummavetisimpiä, happamimpia, ravinteikkaimpia ja matalimpia, ja valuma-alueen maankäyttötietojen valossa voimakkaimmin kuormitettuja. Järvien sisäinen vaihtelu oli vähäistä, joten tietyn järven molemmat näytesteet, Kajoanjärveä lukuunottamatta, sijaitsevat kuvaajassa lähekkäin. Tarkastelluista ympäristömuuttujista ensimmäisen ordinaatioakselin arvoja parhaiten selittivät veden pH ja väri ($r^2 = 0,75$ ja $0,51$, $p < 0,0001$, kuva 5).



Kuva 4. Rantavyöhykkeen pohjaeläinnäytteiden DCA-ordinaatio (Tyyppi 6=avoin ympyrä, Tyyppi 9=musta kolmio).



Kuva 5. Rantanäytteiden ensimmäisen DCA- akselin ja ympäristömuuttujien välisiä yhteyksiä.

Syvänneäytteiden DCA-analyysi

Syvänteiden pohjaeläinyhteisöjen DCA-ordinaatiossa kohdejärvet ryhmittäytyivät järvitäyppittelynsä mukaisesti kuten rantavyöhykkeenkin näytteissä. Kaikki 6-tyypin järvet sijoittuvat kuvaajassa vasemmalle, ja 9-tyypin järvet Harkkojärveä lukuun ottamatta oikealle (kuva 6). Palojärvi ja Koppelojärvi, joiden valuma-alueen ojitussuhteet ja veden fosforipitoisuudet ovat korkeat, sijoittuivat yhteisökoostumuksen päävaihtelusuuntaa kuvaavan ykkösakselin suhteen äärimmäisiksi oikealle, ja lähelle niitä Kinnasjärvi ja Naarvanjärvi, joiden P-kuormitus oli kohdejärvien korkein. Lievästi kuormitetut Pusonjärvi ja Kajojärvi sijoittuvat saman akselin vasempaan päähän. Otmenenjärvi, joka mataluutensa puolesta muistuttaa 9-tyypin järviä, erottuu sekä syvännepohjaeläimistön perusteella tyydyttävä, ja Tuopanjärvi 9-tyypin järvistä sijoittuvat tyydyttävään ja välttävään tilaan muiden järvien tilan ollessa hyvä tai erinomainen (taulukko 4).

Ympäristömuuttujista veden pH ($r^2 = 0,70$, kuva 7) sekä fosfori ja väri ($r = 0,62$ ja $0,54$, kuva 7) selittävät parhaiten 1-akselin arvoja.

Syvänneäytteiden DCA-ordinaatiossa Harkkojärvi sijoittuu kuvaajassa lähelle 6-tyypin karuimpia järviä, Pusonjärveä ja Uramoa. Valuma-alueen kuormitustietojen ja pohjaeläimistön perusteella Harkkojärvi kuuluu 9-tyypin järvistä vähiten kuormitettuihin.

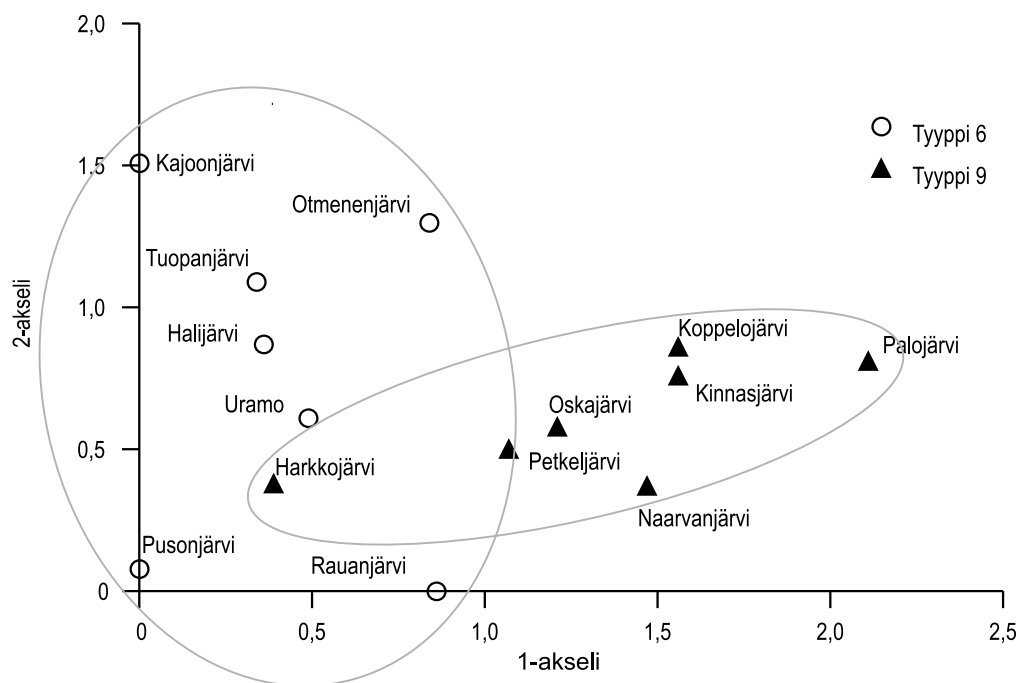
3.7

Järvien ekologisen tilan luokittelu

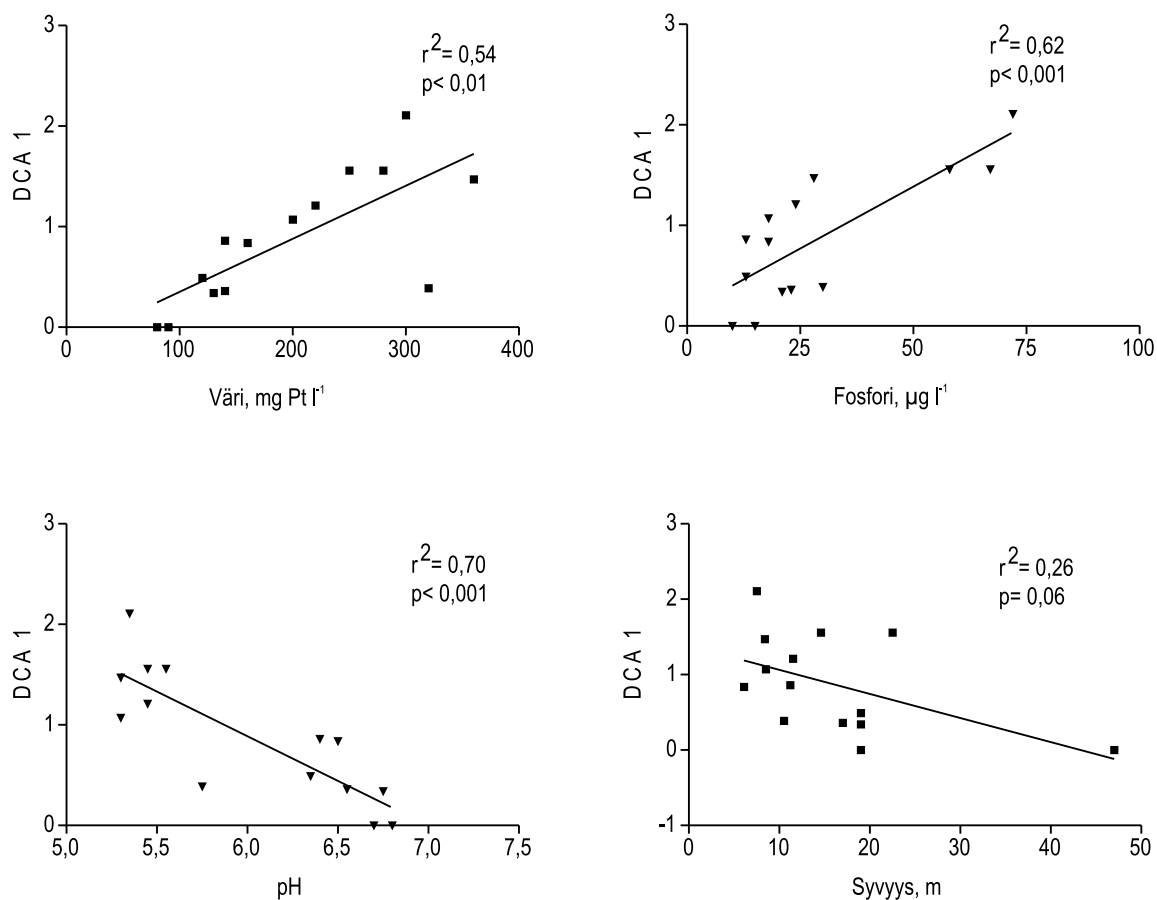
Neljän muuttujan (lajikoostumus, lajirunsaus, diversiteetti, BQ-indeksi) tarkastelussa erinomaista tilaa vastaavia EQR-arvoja saivat kaikki 6-tyypin järvet Otmenenjärveä ja Tuopanjärveä lukuun ottamatta. Otmenenjärven ekologiseksi tilaksi luokiteltiin syvännepohjaeläimistön perusteella tyydyttävä, ja Tuopanjärven tilaksi välttävä. Harkkojärvi ja Kinnasjärvi 9-tyypin järvistä sijoittuvat tyydyttävään ja välttävään tilaan muiden järvien tilan ollessa hyvä tai erinomainen (taulukko 4).

Taulukko 4. Tutkimusjärvien ekologisen laatusuhteen (EQR) arvot ja järvien ekologisen tilan luokittelu syvännepohjaeläimistön perusteella. Luokittelurajat jakavat laatusuhteen 0–1 viiteen luokkaan 0,2 välein (huonosta erinomaiseen). Ekologisen tilan luokittelu pohjautuu EQR-arvojen keskiarvoon, jota laskettaessa yksittäisen muuttujan maksimiarvoksi on rajattu luku 1.

Järvityyppi 6	EQR-koostumus	EQR-lajirunsaus	EQR-Shannon	EQR-BQI	Ekologinen tila
Pusonjärvi	1,47	1,40	1,34	1,44	erinomainen
Uramo	1,47	1,40	1,37	1,39	erinomainen
Halijärvi	1,47	1,92	1,47	1,15	erinomainen
Kajojärvi	0,49	0,87	0,99	1,44	erinomainen
Otmenenjärvi	0,74	0,52	0,04	0,72	tyydyttävä
Rauanjärvi	0,98	0,70	0,88	0,96	erinomainen
Tuopanjärvi	0,49	0,35	0,24	0,00	välttävä
Järvityyppi 9	EQR-koostumus	EQR-lajirunsaus	EQR-Shannon	EQR-BQI	Ekologinen tila
Harkkojärvi	0,98	1,05	0,24	0,00	tyydyttävä
Oskajärvi	1,47	2,44	1,27	0,96	erinomainen
Kinnasjärvi	0,49	0,35	0,62	0,00	välttävä
Koppelojärvi	0,98	1,05	0,27	0,96	erinomainen
Naarvanjärvi	0,98	0,70	0,21	0,96	hyvä
Petkeljärvi	0,74	0,52	0,41	0,96	hyvä
Palojärvi	0,98	1,22	1,22	0,00	hyvä



Kuva 6. Syvännenäytteiden DCA-ordinaatio ilman *Chaoborus flavicans* -sulkasääskiä (Tyyppi 6=avoin ympyrä, Tyyppi 9=musta kolmio).



Kuva 7. Syvännenäytteiden ensimmäisen DCA-akselin ja ympäristömuuttujien välisiä yhteyksiä.

4 Tulosten tarkastelu

4.1

Pohjaeläimet kuormituksen ilmentäjinä

4.1.1

Rantavyöhykkeen pohjaeläimet

Rantavyöhykkeen pohjaeläimistö tarjoaa järven ekologisen tilan arvioinnille monipuolisia mahdollisuuksia ja haasteita perinteisen syvännepohjaeläimistön tarkkailun rinnalle. Habitaattien kirjo järven ranta- eli litoraalivyöhykkeessä on mittava ja pohjaeläinten lajistollinen monimuotoisuus on suurempi kuin syvänteissä. Habitaattityypin on havaittu pääosin selittävän pohjaeläimistön koostumuksen pienissä ja keskisuurissa järvissä (Johnson ja Goedkoop 2002, Tolonen ym. 2003), mutta myös erilaiset kuormitustekijät kuten merkittävien ravinnehuhtoumien ja veden pH:n vaihtelun on todettu muovaavan pohjaeläimistöä. Rannan tuntumassa elävät pohjaeläimet mm. altistuvat syvännepohjaeläimiä enemmän alhaisen pH:n vaikutuksille, sillä kevään happamat sulamisvedet ja sateiden lisäämä huhtouma järviin tavoittaa ranta-alueen ensimmäiseksi.

POKA-hankkeen humusjärvissä rantavyöhykkeen pohjaeläimistön lajirunsauden ja diversiteetin havaittiin olevan 9-tyypin järvissä matalampi kuin 6-tyypin järvissä. Järvityyppien väliseen eroon todennäköisesti vaikuttaa mm. veden pH, joka 9-tyypin järvissä oli selkeästi alhaisempi (taulukko 1). Happamuuden lisääntymisen seurauksena tiedetään herkimpien lajien taantuvan tai häviävän ja biologisen monimuotoisuuden alenevan. Hämäläinen ja Huttunen (1990) havaitsivat pohjaeläinten lajirunsauden korreloivan positiivisesti veden pH:n kanssa, silloin kun pH vaihtelee välillä 4–7. POKA-järvillä rantavyöhykkeen taksonirunsauden korrelaatio pH:n kanssa oli myös positiivinen ($r=0,59$, $p<0,05$). Toisaalta pohjaeläinten lajirunsauden ja pH:n riippuvuus ei humusjärvissä ole yksioikoinen, sillä humuksen on todettu suojaavan eliöitä matalan pH:n ja vapaiden alumiini-ionien ja muiden toksisten metallien vaikutuksilta (Keskitalo ja Eloranta 1999).

Tässä tutkimuksessa rantavyöhykkeen näytehabitaattina käytettiin kivikkorantoja, joiden pohjaeläinten on todettu indikoivan ravinnekuormitusta parhaiten (Tolonen ym. 2001). Kivikkorantojen va-

lintaa näytehabitaatiksi tukevat tulokset mm. Li-fe Vuoksi-hankkeesta, jonka järviaineistossa vain kivikkorantojen yhteisökoostumuksella todettiin olleen selkeä yhteys kuormitukseen (Tolonen ym. 2003). Lajiston monimuotoisuus usein aluksi lisääntyy ravinnepitoisuuksien kasvaessa, mutta kääntyy suurilla pitoisuuksilla laskuun. Taksonien lukumäärä pohjaeläinnäytteissä on yleensä voimakkaasti kuormitetuilla alueilla pienempi luonnontilaiseen referenssipaikkaan verrattuna (mm. McCormik ym. 2004). Myös kohdejärvien kokonaisfosforipitoisuuden ja taksonirunsauden korrelaatio oli negatiivinen ($r=-0,81$, $p<0,001$).

Rantavyöhykkeen pohjaeläimistön vaste kuormitukseen näkyi DCA-ordinaatiossa, joka erotteli varsin hyvin kuormittuneimmat järvet vähemmän rasitetuista. DCA:n ordinaatiokuvassa 1. akselin tulkittiin kuvaavan, kuten syvännäytteissäkin, jossain määrin järven kuormittuneisuutta kuormituksen kasvaessa akselilla oikealle siirryttäessä. Sen arvojen kokonaisvaihtelua selitti vahvasti mm. veden pH ja kokonaisfosforipitoisuus, joiden vaihteluun valuma-alueen maankäsittelyllä ja muilla ihmistoiminnoilla on merkittävä vaikutus. Yleensä saman järven eri näytepaikat sijaitsevat ordinaatiokuvassa lähekkäin (kuva 4), joten näytepaikkojen valinta järven sisällä vaikuttaa vertailukelpoisuuden suhteen onnistuneelta.

Järvityyppiäolla näytti olevan varsin hyvä ekologinen vastaavuus. DCA erotteli järvityypit toisistaan sekä ranta- että syvännepohjaeläinten osalta. Ordinaatiokuvissa 6-tyypin järvien näytepisteet sijoituivat yhteisöjen päävaihtelusuuntaa kuvaavalla 1. akselilla, "kuormittuneisuusakselilla" vasemmalle, ja 9-tyypin järvet oikealle. DCA-tarkastelu tukee valuma-alueen kuormitustietoihin ja muihin tutkittuihin biologisiin mittareihin pohjautuvaa havaintoa, jonka mukaan tämän aineiston 9-tyypin järvet ovat keskimäärin kuormitetumpia kuin 6-tyypin järvet. Korkeampi kuormitus selittyy tässä aineistossa pääosin sillä, että suurimmalla osalla 9-tyypin järvistä on kaukovaluma-alue, jonka maan- ja metsänkäsittelyt vaikuttavat ratkaisevasti järveen kohdistuviin ympäristöpaineisiin. Kuormituksen laskentatapa, jossa lähivaluma-alueen P-kuormitukseen lisättiin 25 % laskennallisesta kaukovaluma-alueen kuormituksesta, johtaa väistämättä korkeisiin arvoihin, kun kuormitus suhteutetaan mataliin, pienen vesitilavuuden järviin. Tarkasteltujen biologisten muuttujien perusteella

laskennallinen P-kuormitus kuitenkin näyttää antavan varsin totuudenmukaisen kuvan järvien kuormitustasosta.

4.1.2

Syvännepohjaeläimet

Syvänteiden pohjaeläinyhteisöjen on todettu ilmentävän varsin hyvin järvien ravinne- ja happiolosuhteissa tapahtuvia häiriöitä ja muutoksia (mm. Wiederholm 1980). Häiriötilat liittyvät syvänteissä usein vähähappisuuteen tai totaalisiin happikatoihin, jotka ilmiöinä ovat rantavyöhykkeellä harvinaisia ja poikkeuksellisia. Häiriötilojen perussyy on usein ihmistoiminnan (mm. hakkuut, metsäojitukset ja -auraukset, maatalous jne.) vaikutuksesta kohonnut ravinnekuormitus ja sitä seurannut voimistunut perustuotanto, jonka tuottama biomassa vähentää hajotessaan syvänteiden happivarantoja. Syvänteissä happipitoisuus muovaa voimakkaasti pohjaeläinyhteisön koostumusta (Saether 1979), mutta myös veden syvyydellä on havaittu olevan voimakas korrelaatio pohjaeläinyhteisöjen koostumukseen (Hynynen ym. 1999).

Tässä järviaineistossa valuma-alueelta tulevan kuormituksen taso näkyi sekä järvien vedenlaadussa että syvännepohjaeläimistön koostumuksessa. Keskimäärin 9-tyyppiin kuuluvat järvet olivat kuormittuneempia kuin 6-tyyppiin kuuluvat. Järvityyppien sisälläkin syvännelajisto ilmensi olosuhteiden olevan epäedullisimmat niissä järvissä, joiden ulkoinen kuormitus oli korkein, kun taas vähiten kuormitetuilla järvillä syvänteet olivat pohjaeläinlajiston perusteella varsin hyvässä kunnossa. Indikaattorilajeihin perustuvat pohjanlaatuindeksit olivat lievimmin kuormitetuissa järvissä pääsääntöisesti korkeita ilmentäen pohjan verrattain karua ja runsashappista tilaa. Syvänteiden taksonimäärän ja diversiteetin osalta tulokset olivat samansuun-



taisia lukuun ottamatta Kajoonjärven syvännettä, jossa poikkeuksellisen suuri näytesyvyys (47 m) selittää syväne-eläimistön niukkuuden.

Pohjaeläimistön vaste kuormitukseen näkyi myös yhteisötason DCA-ordinaatiossa. Sekä syväne- että rantanäytteiden DCA:ssa 1. ordinaatioakseli tulkittiin "kuormittuneisuusakseliksi", jota pitkin oikealle siirryttäessä kuormitus kasvoi. Kuormittuneemmat 9-tyypin järvet sijoittuivat loogisesti kuvaajassa oikealle, 6-tyypin järvet vasemmalle. Yhteisön päävaihtelusuuntaa kuvaavan 1-akselin arvojen kokonaisvaihtelua voimakkaammin selittivät veden pH, kokonaisfosforipitoisuus sekä väri, joihin valuma-alueella tapahtuvalla ihmistoiminnalla on suuri vaikutus (kuva 7). Näytesyvyyden selitysaste sen sijaan ei ollut tilastollisesti merkitsevä, vaikka esim. Tolosen ym. (2005) syvännenäytteiden tarkastelussa syvyys selitti vertailujärvissä yli puolet 1.ordinaatioakselin kokonaisvaihtelusta.

4.2

Järvien ekologisen tilan arviointi

Tässä työssä järvien ekologisen tilan luokittelussa käytettiin vertailujärvinä viittatoista 6-tyypin järveä, jotka sijaitsevat Pohjois-Savossa (Tolonen ym. 2005). Syvännepohjaeläimiin perustuvan luokittelun mukaan POKA-hankkeen järvet näyttävät olevan pääosin hyvässä tai erinomaisessa kunnossa. Vain neljän järven tila luokiteltiin hyvää ekologista tilaa heikommaksi. Näistäkin vain kaksi, Tuopanjärvi ja Kinnasjärvi, saivat johdonmukaisesti lähes kaikilla biologisilla mittareilla hyvän ekologisen tilan luokitusta matalampia EQR-arvoja. VPD:n mukainen ekologiseen laatusuhteeseen perustuva järvien tilan luokittelu antoi siis kohdejärvien tilasta selvästi positiivisemmän kuvan kuin mitä yksittäisten biologisten muuttujien tarkastelun perusteella voisi olettaa. Kohdejärvien saamat erittäin korkeat, yli yhden olevat EQR-arvot (taulukko 4) useiden muuttujien osalta kertovat järvien ekologisen tilan olevan pääsääntöisesti "yhtä hyvä" tai "parempi" kuin lähes luonnontilaisten vertailujärvien. Näin siitäkin huolimatta, että ihmistoiminnan vaikutus kohdejärvien kuormitustasoon on selvästi havaittavissa, ja myös kuormituksen heijastumisesta pohjaeläimistöön löytyi merkkejä. Yksi selittävä tekijä tälle ristiriidalle saattaa olla se, että Pohjois-Karjalan humusjärvien luonnontila poikkeaa pohjoissavolaisista vertailujärvistä, ja siten vertailujärvistä lasketut odotusarvot ovat tälle järviaineistolle jossain määrin harhaisia. Toinen selittävä tekijä liittyy humusjärvien ominaispiir-

teeseen. Runsashumuksinen järvi voi luonnontilaisenakin kärsiä happikadosta, ja sen syvännelajisto ilmentää eutrofiaa (Crisman ym. 2003, Tolonen ym. 2003). Näin esim. eutrofiaindikaattoreina pidetyt vähähappista ympäristöstä sietävät *Chironomus*-suvun surviaissääskitoukat voivat olla humusjärvien tyyppilajeja. Tällöin surviaissääskiin perustuvan pohjalaatuindeksin (BQI) odotusarvo vertailuaineistossa muodostuu niin matalaksi, että tyyppin 6 järvien tilaa on tällä mittarilla liki mahdotonta luokitella erinomaista huonommaksi (Tolonen ym. 2005). Edellä mainittu havainto pätee myös tämän tutkimuksen vertailujärviin. Lisäksi vertailujärvien mahdollinen luontainen happikato todennäköisesti heijastuu BQI:n ohella muihinkin biologisiin mittareihin, jotka saavat näin ollen matalia odotusarvoja. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa kohdejärven ekologinen tila helposti luokitellaan todellista tilaansa paremmaksi. Crisman ym. (1998) onkin esittänyt epäilyksen syvännepohjaeläinten sopivuudesta sellaisten humusjärvien tilan ilmentäjinä, jotka luontaisesti kärsivät happikadosta.

Perinteisten järvien tilan arviointimenetelmien valossa vain Pusonjärven, Kajaanjärven ja Uramon kohdalla ulkoisen kuormituksen vaikutukset järvien tilaan voidaan olettaa olevan niin vähäisiä, että järvet voisivat soveltua tulevaisuudessa Pohjois-Karjalassa järvityyppinsä vertailujärviksi. Halijärvellä ja Rauanjärvellä pohjaeläimistö ilmensi lievää, mutta selkeää kuormitusvaikutusta. Tuopanjärvellä korkea kuormitus heijastui mm. syvänteiden happikatona sekä pohjaeläinten vähäisyytenä, ja Otmenenjärvellä pohjaeläinparametrit kertovat lajiston voimakkaasti poikkeavan lievästi kuormi-

tettujen järvien pohjaeläimistöstä. Tyyppin 9 järvisistä Kinnasjärven, Koppelojärven ja Naarvanjärven pohjaeläimistössä kuormitusvaikutukset näkyivät voimakkaimpina. Harkkojärvi ja Oskajärvi näyttivät pohjaeläimistön perusteella olevan järvityyppinsä edustajista parhaassa tilassa, mutta eivät silti täytäneet kriteerejä paikallisiksi vertailujärviksi. Petkeljärven syvännelajisto ilmensi verrattain rehevää pohjan tilaa, vaikka järvi sijaitsee pääosin kansallispuiston sisällä. Palojärven kuormitushistoria on varsin synkkä ja vedenlaadussa on aiempina vuosina ollut vakavia häiriöitä. Syvännepohjaeläinten ja vedenlaadun perusteella Palojärven tila näyttää kuitenkin kohentuneen.

Kohdejärvien ekologinen tila luokiteltiin tässä esimerkissä syvännepohjaeläinten perusteella. Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivi ei kuitenkaan määrittele sitä, onko järvien ekologisen tilan luokittelussa käytettävä syvänteiden vai rantavyöhykkeen pohjaeläimiä. Syvännepohjaeläinten tiedetään ilmentävän happipitoisuudessa ja ravinnekuormituksessa tapahtuvia muutoksia varsin hyvin (mm. Wiederholm 1980). Rantavyöhykkeen pohjaeläimet puolestaan reagoivat ravinnekuormituksen lisäksi mm. happamuuden vaihteluun (Johnson 1998) ja vedenkorkeuden säännöstelyyn (mm. Palomäki 1994, Hämäläinen ja Aroviita 2003). Tolosen ym. (2003) tutkimuksessa rantavyöhykkeen pohjaeläimet erottelivat kuormittuneet järvet syvännelajistoa selkeämmin. Rantavyöhykkeen pohjaeläimiin perustuva luokittelu olisi todennäköisesti johtanut tässäkin aineistossa jonkin verran poikkeavaan tulkintaan järvien ekologisesta tilasta.



5 Yhteenveto

Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen -hankkeen (POKA) pohjaeläinosiossa tarkasteltiin alueelle tyypillisten pienten keskijumuksisten ja runsashumuksisten järvien ekologista tilaa suhteessa vaihtelevansuuruiseen kuormitukseen. Neljäntoista kohdejärven pohjaeläinyhteisöt ilmensivät järvien ravinnekuormituksen määrää ja veden kemiallista laatua varsin johdonmukaisesti. Kuormitetuimmat ja veden laadultaan rehevimmat järvet olivat käytettyjen biologisten mittareiden valossa huonoimmassa ekologisessa tilassa, ja vähiten kuormitetut järvet parhaimmassa. Kuormitus näytti tässä tutkimusaineistossa kytkeytyvän verrattain voimakkaasti järvityyppiin. Runsaahumuksisten järvien kuormittuneisuus oli korkeampi, ja

kuormituksen vaikutukset heijastuivat pohjaeläinyhteisöjen koostumukseen. Syvännelajistosta tehty ekologisiin laatusuhteisiin perustuva ekologisen tilan luokittelu erotteli ainoastaan voimakkaimmin kuormitetut järvet hyvää ekologista tilaa heikompaan luokkaan. Heikko erottelukyky johtunee pääosin käytetyistä vertailujärviaineistosta, joka ei kaikkine ominaispiirteineen edusta Pohjois-Karjalan vastaavan järvityypin järviä. Riittävän kattavan paikallisen järvityyppikohtaisen vertailujärviaineiston puuttuessa ekologisen tilan luokittelun tuloksiin POKA- hankkeen järvistä on syytä suhtautua varauksin, ja nähtävä tarkastelu lähinnä esimerkkinä luokittelumenetelmän peruseräperiaatteiden soveltamisesta.

LÄHTEET

- Crisman T.L., Chapman L.J. and Chapman, C.A. 1998. Predictors of Seasonal Oxygen Levels in Small Florida Lakes: The Importance of Color. – *Hydrobiologia* 368: 149–155.
- EY 2000. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, annettu 23. lokakuuta 2000, yhteisön vesipolitiikan puitteista. – Euroopan yhteisöjen virallinen lehti 43: 1–72.
- Hill, M.O. and Gauch, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. – *Vegetatio* 42: 47–58.
- Hynynen, J., Palomäki, A., Veijola, H., Meriläinen, J.J., Bagge, P., Manninen, P., Ustinov, A. and Bibiceanu, S. 1999. Planktonic and zoobenthic communities in an oligotrophic, boreal lake inhabited by endemic and endangered seal population. – *Boreal Environment Research* 4: 145–161.
- Hämäläinen, H. and Huttunen, P. 1990. Estimating of acidity in streams by means of benthic invertebrates: evaluation of two methods. In: Kauppi, P., Anttila, P. and Kenttämies, K. (eds.) *Acidification in Finland*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 1051–1070.
- Hämäläinen, H., Koskenniemi, E., Kotanen, J., Heino, J., Paavola, R. and Muotka, T. 2002. Benthic invertebrates and the implementation of WFD: sketches from Finnish rivers. – *Tema-Nord* 566: 55–58.
- Hämäläinen, H. ja Aroviita, J. 2003. Rantavyöhykkeen pohjaeläimistö. Teoksessa: Keto, A. ja Marttunen, M. (toim.). *Vesipolitiikan puitteiden direktiivi rakennetuissa ja säännöstellyissä vesistöissä*. Yhteenveto vuosien 2000–2002 tutkimuksista. – *Suomen ympäristö* 667: 56–64.
- Hämäläinen, H., Luotonen, H., Koskenniemi, E. and Liljaniemi, P. 2003. Inter-annual variation in macroinvertebrate communities in a shallow forest lake in eastern Finland during 1990–2001. *Hydrobiologia* 506–509.
- Johnson, R.K. 1998. Spatiotemporal variability of temperate lake macroinvertebrate communities: detection of impact. – *Ecol. Appl.* 8: 61–70.
- Johnson, R.K. and Goedkoop, W. 2002. Littoral macroinvertebrate communities: spatial scale and ecological relationships. – *Freshwat. Biol.* 47: 1840–1854.
- Keskitalo, J. and Eloranta, P. (eds.) 1999. *Limnology of humic waters*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 284 p., ISBN 90-5782-029-3.
- Kukkonen, M., Hassinen, A., Holopainen, A.-L., Hynynen, J., Kekäläinen, J., Leppä, M., Niinioja, R., Nykänen, J., Viljanen, M. & Luotonen, H. 2007. Metsäjärvien tila ja tulevaisuus. Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen raportteja 8. 113 s.
- McCormick, P.V., Shuford III, R.B.E. and Rawlik, P.S. 2004. Changes in macroinvertebrate community structure and function along a phosphorus gradient in the Florida Everglades. – *Hydrobiologia* 529: 113–132.
- Palomäki, R. 1994. Response by macrozoobenthos biomass to water level regulation in some Finnish lake littoral zones. – *Hydrobiologia* 286: 17–26.
- Pilke, A., Heinonen, P., Karttunen, K., Koskenniemi, E., Lepistö, L., Pietiläinen, O.-P., Rissanen, J. and Vuoristo, H. 2002. Finnish draft for typology of lakes and rivers. – In Ruoppa, M. and Karttunen, K. (eds.): *Typology and ecological classification of lakes and rivers*. Tema-Nord 566. Helsinki, Nordic Council of Ministers. 136 pp.
- Saether, O.A. 1979. Chironomid communities as water quality indicators. – *Holarct. Ecol.* 2: 65–74.
- Shannon, C.E. 1948. "A Mathematical Theory of Communication", *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379–423, 623–656.
- Suomen standardisoimisliitto 1989. *Vesitutkimukset. Pohjaeläinnäytteenotto Ekman-noutimella pehmeiltä pohjilta*. SFS 5076.
- Tolonen, K.T. ja Hämäläinen, H. 2001. Pohjaeläinnäytteenotto järvien kivikkorannoilla: kahden menetelmän vertailu. – Teoksessa: Grönlund, E., Viljanen, M., Juvonen, P. ja Holopainen, I.J. (toim.) *Suurjärviseminaari 2001, Ympäristö ja yhteiskunta*. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 133: 340–344.
- Tolonen, K.T., Hämäläinen, H., Luotonen, H. ja Kotanen, J. 2003. Rantavyöhykkeen pohjaeläimet järvien ekologisen tilan arvioinnissa ja seurannassa. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 328. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. 60 s.
- Tolonen, K.T. 2004. Patterns in diversity and assemblages of lake littoral macroinvertebrates in relation to abiotic and biotic factors. – University of Joensuu, PhD Dissertation in Biology 27. 108 pp.
- Tolonen, K.T. ja Hämäläinen, H. 2005. Syvänteiden pohjaeläimet järvien ekologisen tilan luokittelussa. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 395. Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan ympäristökeskukset. 40 s.
- Vuori, K-M, Bäck, S., Hellsten, S., Karjalainen, S.M., Lax, H.G., Lepistö, L., Londesborough, S., Mitikka, S., Niemelä, P., Niemi, J., Perus, J., Pietiläinen, O.-P., Pilke, A., Riihimäki, J., Rissanen, J., Tammi, J., Tolonen, K., Vehanen, T., Vuoristo, H. ja Westberg, V. 2006. Suomen pintavesien tyypittelyn ja ekologisen luokittelujärjestelmän perusteet. – *Suomen ympäristö* 807: 1–151.
- Wiederholm, T. 1980. Use of benthos in lake monitoring. – *J. Water Pollution Control Fed.* 52: 537–547.

LIITE I

Liite I. Vertailujärvien perustiedot. Tiedot poimittu teoksesta Tolonen & Hämäläinen (2005):

Järviallas	Näyte- vuosi	P-koord.	I-koord.	Pinta-ala km ²	Keski- syvyys m	Näyte- syvyys m	Väri mg Pt l ⁻¹	Ptot ug l ⁻¹	Lähde
Luujärvi 4	1989	6781700	3496500	4,8	8,9	8,5	30	11	Velvoitetarkkailu
Luujärvi 5a	1989	6781720	3495330	4,8	8,9	7,5	30	11	Velvoitetarkkailu
Kapiavesi 8	2001	6782900	3492600	1,0	5,8	15,0	45	14	Velvoitetarkkailu
Tesväri	2003	6686428	3315174	0,3	?	16,5	50	12	Teräsvuori (2003)
Mehtiö	2003	6929433	3492270	2,5	11,3	47,5	85	13	Pohjois-Savon ymp.k.
Myhinjärvi	2003	6932999	3488160	4,2	9,3	43,8	45	7	Pohjois-Savon ymp.k.
Iso-Tervanen	2003	6930813	3497705	1,0	3,3	10,8	58	8	Pohjois-Savon ymp.k.
Mataroinen	2004	6925474	3492901	1,5	4,4	21,3	40	5	Pohjois-Savon ymp.k.
Haukijärvi	2004	6992960	3504360	1,5	3,1	9,7	50	8	Pohjois-Savon ymp.k.
Ahveninen	2004	6931739	3495776	6,3	6,1	33,7	79	14	Pohjois-Savon ymp.k.
Härkäjärvi	2004	6888907	3490409	5,7	7,1	32,1	80	16	Pohjois-Savon ymp.k.
Pieni-Myhi	2004	6933700	3491240	2,4	5,8	21,9	76	12	Pohjois-Savon ymp.k.
Viipperönjärvi	2004	6933360	3501200	1,0	3,3	10,5	60	12	Pohjois-Savon ymp.k.
Vihtanen	2004	6927360	3485120	4,3	2,5	11,9	61	12	Pohjois-Savon ymp.k.
Valkeinen	2004	7002220	3502223	1,4	3,3	12,0	43	7	Pohjois-Savon ymp.k.

LIITE 2

Liite 2. Syvännenäytteiden pohjaeläintiheysarviot (yks. m⁻² ja keskihajonta) sekä järviokohtainen kuuden näytteen yhteenlaskettu taksoniluku.

Lajit	Halijärvi	Kajonjärvi	Otmenenjärvi	Pusonjärvi	Rauanjärvi	Tuopanjärvi	Uramo	Harkkojärvi	Kinnasjärvi	Koppelojärvi	Naarvanjärvi	Oskajärvi	Palojärvi	Petkeljärvi
BIVALVIA														
Pisidium spp.	43	-	-	99	18	-	92	18	-	-	-	99	-	-
OLIGOCHAETA														
Tubificidae														
Limnodrilus hoffmeisteri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	154	-	-
Spirosperma ferox	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	62	-
Potamothrix hammoniensis	179	100	-	105	-	6	43	31	-	-	-	62	6	-
Naididae														
Nais sp. (variabilis?)	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
Nais elinguis	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arcteonais lomondi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-
Vejdovskyella comata	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-
Enchytraeidae spp.	6	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
ACARI														
Hydrachnellae	6	6	-	-	-	-	-	-	-	12	-	6	456	-
SIALIDAE														
Sialis morio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-
TRICHOPTERA														
Ecnomus tenellus	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
CHAOBORIDAE														
Chaoborus flavicans	493	-	1 805	283	173	86	-	1 534	25	3 706	2 292	1 423	1 805	1 701
CHIRONOMIDAE														
Procladius spp.	12	-	-	-	-	-	55	12	49	142	25	62	290	6
Tanypodinae undet.	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zalutschia zalutshicola	-	-	-	6	6	-	6	-	-	6	18	49	1 214	-
Chironomus plumosus	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomus anthracinus	160	-	6	12	74	-	25	-	-	6	62	302	-	277
Cladopelma viridula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
Paratendipes albimanus	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polypedilum pullum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-
Sergentia coracina	105	47	-	499	-	-	290	-	-	-	-	-	-	-
Cladotanytarsus mancus gr.	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanytarsus spp.	18	-	-	-	-	-	12	-	-	59	-	12	-	-
Keskiarvo (yks. m ⁻²)	1 121	171	1 818	1 041	271	92	530	1 608	74	3 930	2 397	2 206	3 839	1 984
sd	149	165	513	531	195	77	330	313	62	1 462	320	313	684	484
Taksoniluku	11	5	3	8	4	2	8	6	2	6	4	14	7	3

LIITE 3/I

Liite 3. Rantanäytteiden (2 kohdetta jokaisesta järvestä) pohjaeläinten yksilö- ja taksonimäärät kolmen potkuhaavinäytteen summina.

Laji	Halijärvi		Kajoonjärvi		Otmenenjärvi		Pusonjärvi		Rauanjärvi		Tuopanjärvi	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
BIVALVIA												
Pisidium spp.	7	-	3	1	-	-	-	1	1	2	-	1
Sphaerium corneum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Radix peregra	7	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
OLIGOCHAETA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tubificidae												
Limnodrilus hoffmeisteri	1	-	-	-	-	-	-	-	2	6	5	11
Ophidonais serpentina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potamothrix hammoniensis/ T.tubifex	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Spirosperma ferox	8	4	9	3	-	-	7	-	7	5	9	1
Naididae												
Arcteonais lomondi	-	-	-	-	-	1	1	-	-	4	-	-
Chaetogaster spp.	7	3	5	19	-	-	4	5	4	1	-	-
Naididae undet.	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nais bretscheri	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nais pseudobtusa	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-
Nais simplex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Nais sp. (variabilis?)	2	-	2	-	1	-	-	-	6	3	-	2
Piquetilla blanci	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pristina longiseta	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Ripistes parasita	-	-	-	1	-	-	-	-	3	3	-	1
Slavina appendiculata	-	4	-	2	-	1	4	1	6	3	4	5
Stylaria lacustris	5	3	4	10	-	7	4	10	9	2	1	-
Uncinais uncinata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Vejdovskyella comata	2	4	-	-	-	-	6	4	4	3	1	-
Lumbriculidae												
Lumbriculus variegatus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Stylodrilus heringianus	-	2	4	1	1	-	2	-	3	-	-	-
Enchytraeidae spp.	19	4	65	7	-	1	-	-	14	12	-	-
ACARI, Hydrachnellae	2	3	3	5	-	-	2	2	-	-	1	9
CRUSTACEA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asellus aquaticus	9	35	21	16	1	2	10	1	2	-	21	26
PLATYHELMINTHES												
Turbellaria spp.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
HIRUDINEA												
Erpobdella octoculata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Helobdella stagnalis	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
INSECTA												
HETEROPTERA												
Micronecta spp.	261	34	15	81	7	2	50	52	-	-	-	6
NEUROPTERA												
Sialidae												
Sialis lutaria	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baetis sp.	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caenis horaria	1	6	6	9	3	-	8	17	14	10	10	20
Cloeon dipterum	-	-	-	-	-	12	-	2	-	-	-	-
Centroptilum luteolum	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	1
Ephemera vulgata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8	4
Heptagenia fuscogrisea	13	10	3	5	3	14	2	12	11	6	-	4
Leptophlebia marginata	10	17	-	-	-	4	4	17	7	6	6	22
Leptophlebia vespertina	12	21	2	7	6	12	43	21	8	8	10	15

LIITE 3/2

Laji	Halijärvi		Kajoonjärvi		Otmenejärvi		Pusojärvi		Rauanjärvi		Tuopanjärvi	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
COLEOPTERA												
Dytiscidae spp.	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gyrinus sp.(ad.)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Oulimnius tuberculatus (l.)	-	1	18	-	-	-	-	-	2	9	-	-
ODONATA												
Goenagrionidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Aeshna grandis	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Agrionidae sp.(juv.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gorduliidae sp.(juv.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enallagma cyathigerum	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Epithea bimaculata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Erythronia najas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limnephilidae sp. (juv.)	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	-	-
Molana sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Athripsodes aterrimus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Athripsodes cinereus	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Ceraclea annulicornis	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyrnus flavidus	8	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Cyrnus trimaculatus	-	1	3	4	9	2	4	3	-	-	-	2
Mystacides azurea	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	2
Mystacides longicornis	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Oecetis sp.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oecetis ochracea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oecetis testacea	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Oxyethira sp.	5	2	-	1	-	-	2	-	-	-	1	4
Plectrocnemia conspersa	1	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Ecnomus tenellus	-	2	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-
Polycentropus flavomaculatus	-	1	3	2	-	-	1	3	-	-	-	-
Polycentropus irroratus	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Agraylea sexmaculatus	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Hydroptila sp.	-	1	3	-	-	-	1	1	1	-	-	-
Tinodes waeneri	-	-	5	1	-	1	1	2	-	-	-	-
Agrypnia obsoleta	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1
DIPTERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomidae												
Arctopelopia sp.	1	-	-	8	3	2	12	6	1	-	2	4
Conchapelopia sp.	-	2	-	-	3	4	-	2	2	7	1	17
Ablabesmyia longistyla	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	1	7
Ablabesmyia monilis	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Clinotanypus pinquis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Clinotanypus nervosus	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Procladius spp.	6	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	5
Tanypodinae undet.	11	-	2	1	-	-	-	-	-	-	1	1
Thienemannimyia	-	-	2	-	-	-	-	14	-	-	-	-
Orthocladinae undet.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Corynoneura lobata	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corynoneura lacustris	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Cricotopus sylvestris	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
Cricotopus triquetrus	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Orthocladus sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parakiefferiella bathophila	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Psectrocladius limbatellus gr.	33	6	7	3	12	4	3	9	4	1	-	-
Psectrocladius psilopterus gr.	-	3	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
Potthastia longimana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomus anthracinus	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-

LIITE 3/3

Laji	Halijärvi		Kajoonjärvi		Otmenenjärvi		Pusonjärvi		Rauanjärvi		Tuopanjärvi	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Cladopelma viridula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Demicryprochironomus vulneratus	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Dicrotendipes pulsus	-	1	-	7	1	-	3	-	-	1	2	3
Endochironomus sp.	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Glyptotendipes sp.	-	-	-	-	1	2	2	13	-	-	2	4
Lauterborniella agrayloides	-	1	-	-	-	-	-	-	21	9	1	6
Microtendipes pedellus gr.	2	4	1	-	-	1	-	-	-	1	9	6
Pagastiella orophila	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Paratanytarsus sp.	2	-	-	-	2	1	4	6	1	1	-	-
Paratendipes nudisquama	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Phaenopsectra sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polypedilum pullum	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
Polypedilum sordens gr.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudochironomus prasinatus	5	2	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2
Sergentia coracina	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1
Cladotanytarsus mancus gr.	2	-	-	3	2	5	-	2	18	8	1	2
Tanytarsus spp.	3	-	-	-	1	-	-	-	1	4	-	5
Ceratopogonidae	19	8	-	-	-	-	1	2	9	7	-	1
Yksilömäärä	476	193	203	208	63	85	194	217	173	134	104	212
Taksonimäärä	38	33	31	28	20	24	32	34	38	35	28	39

LIITE 3/4

Laji	Harkkojärvi		Kinnasjärvi		Koppelojärvi		Naarvanjärvi		Oskajärvi		Petkeljärvi	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
BIVALVIA												
Pisidium spp.	2	-	-	-	3	-	-	-	-	1	-	-
Bathymorphus contortus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Gyraulus sp.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3
Gyraulus albus	1	-	-	-	2	7	1	-	-	4	-	-
Radix peregra	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OLIGOCHAETA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tubificidae												
Limnodrilus hoffmeisteri	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ophidonais serpentina	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
Spirosperma ferox	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-
Naididae												
Arctonais lomondi	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-
Nais barbata	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nais sp. (communis ?)	-	-	-	-	-	-	-	-	3	8	-	-
Nais sp. (variabilis?)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
Nais variabilis	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ripistes parasita	3	6	1	2	-	-	-	-	-	-	-	2
Slavina appendiculata	-	-	-	1	8	2	-	-	1	6	-	1
Stylaria lacustris	1	2	5	2	1	-	-	-	2	12	6	2
Uncinaria uncinata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vejdovskyella comata	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
Lumbricidae												
Lumbriculus variegatus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Stylodrilus heringianus	1	1	-	4	4	3	3	1	-	-	-	-
Enchytraeidae spp.	-	2	1	2	1	2	5	-	-	2	2	2
ACARI, Hydrachnellae	-	1	-	1	2	1	1	1	1	-	1	1
CRUSTACEA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asellus aquaticus	9	5	4	43	-	7	4	11	-	10	7	55
PLATYHELMINTHES												
Turbellaria spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
HIRUDINEA												
Erpobdella octoculata	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Helobdella stagnalis	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
INSECTA												
HETEROPTERA												
Micronecta spp.	-	9	1	1	-	-	1	1	22	-	-	-
Corixidae spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
NEUROPTERA												
Sialidae												
Sialis sordida	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caenis horaria	1	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Heptagenia fuscogrisea	35	71	3	15	97	39	22	22	7	94	6	11
Leptophlebia marginata	23	57	27	21	35	8	-	3	2	53	11	1
Leptophlebia vespertina	6	3	-	2	-	-	22	8	40	65	35	16
COLEOPTERA												
Dytiscidae spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
Dryops sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
Platambus maculatus	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Gyrinus sp.(ad.)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oulimnius tuberculatus (ad.)	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Oulimnius tuberculatus (l.)	-	1	-	-	10	24	-	-	2	-	-	-
ODONATA												
Zygoptera sp.(juv.)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goenagrionidae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Aeshna grandis	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-

LIITE 3/5

Laji	Harkkojärvi		Kinnasjärvi		Koppelojärvi		Naarvanjärvi		Oskajärvi		Petkeljärvi	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
PLECOPTERA												
Nemoura sp.	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limnephilidae sp. (juv.)	-	-	3	2	-	-	9	2	5	6	9	22
Cyrnus flavidus	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1
Cyrnus trimaculatus	-	-	1	3	4	1	-	-	-	-	-	-
Mystacides sp.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxyethira sp.	10	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-
Plectrocnemia conspersa	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Polycentropus flavomaculatus	-	-	1	1	6	-	-	-	-	-	-	-
Hydroptila sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Tinodes waeneri	3	-	-	-	2	-	-	-	1	-	1	-
Glyptotendipes pellucidus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Phryganea bipunctata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Agrypnia obsoleta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Limnephilus rhombicus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-
Limnephilus auricula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Limnephilus sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
Nemotaulius punctolineatus	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
DIPTERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomidae												
Arctopelopia sp.	-	-	1	-	30	1	-	-	-	-	-	1
Conchapelopia sp.	-	-	-	-	19	12	-	-	1	9	-	2
Ablabesmyia longistyla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1
Ablabesmyia monilis	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Ablabesmyia phatta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Natarsia punctata	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-
Procladius spp.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthocladiinae undet.	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-
Corynoneura scutellata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Cricotopus sp.	4	-	11	3	-	-	-	-	11	1	8	4
Cricotopus sylvestris	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
Psectrocladius limbatus gr.	-	-	1	1	-	-	-	-	3	5	17	5
Psectrocladius psilopterus gr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Potthastia longimana	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Chironomus anthracinus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Demicryprochironomus vulneratus	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Dicrotendipes pulsus	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
Endochironomus sp.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2	1
Glyptotendipes sp.	-	-	3	2	31	3	-	-	-	-	-	-
Lauterborniella agrayloides	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Microtendipes pedellus gr.	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
Paratanytarsus sp.	-	-	-	3	-	-	-	-	-	2	2	1
Paratendipes nudisquama	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Sergentia coracina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Cladotanytarsus mancus gr.	1	-	3	-	14	-	-	-	-	-	17	14
Tanytarsus spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Ceratopogonidae	3	3	-	-	1	18	-	-	-	-	4	1
Yksilömäärä	116	171	71	125	298	138	69	50	103	298	150	171
Taksonimäärä	19	21	18	29	31	19	10	9	16	25	28	34

KUVAILEHTI

<i>Julkaisija</i>	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus			<i>Julkaisu aika</i> Joulukuu 2007
<i>Tekijä(t)</i>	Markus Leppä			
<i>Julkaisun nimi</i>	Tummien metsäjärvien ekologisen tilan arviointi pohjaeläimistön avulla			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen raportteja 9 / 2007			
<i>Julkaisun teema</i>				
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>	Julkaisu on saatavana myös Internetissä www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen -hankkeen pohjaeläinosiossa tarkasteltiin pienten keskisumuksisten ja runsasumuksisten järvien ekologista tilaa pohjaeläimiin perustuen. Neljäntoista kohdejärven pohjaeläinyhteisöt ilmensivät järvien ravinnekuormituksen määrää ja veden kemiallista laatua varsin johdonmukaisesti. Kuormitetuimmat ja veden laadultaan rehevimmät järvet olivat pohjaeläinten mukaan huonoimmassa ekologisessa tilassa, ja vähiten kuormitetut järvet parhaimmassa. Runsasumuksisten järvien kuormittuneisuus oli korkeampi, ja kuormituksen vaikutukset heijastuivat pohjaeläinyhteisöjen koostumukseen. Syvännelajistosta tehty ekologisiin laatusuhteisiin perustuva ekologisen tilan luokittelu erotteli ainoastaan voimakkaimmin kuormitetut järvet hyvää ekologista tilaa heikompaan luokkaan. Heikko erottelukyky johtunee pääosin käytetyistä vertailujärviaineistosta, joka ei kaikkine ominaispiirteineen edusta Pohjois-Karjalan vastaavan järviyypin järviä.</p>			
<i>Asiasanat</i>	Humusjärvet, Pohjois-Karjala, pohjaeläimet, rehevöityminen, metsätalous, hajakuormitus, ekologinen tila-arvio			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>	EAKR, ympäristöministeriö, Pohjois-Karjalan ympäristökeskus			
	ISBN 978-952-11-2877-6 (nid.)	ISBN 978-952-11-2878-3 (PDF)	ISSN 1796-1874 (pain.)	ISSN 1796-1882 (verkkok.)
	Sivuja 32	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis.alv 8 %) 7 €
<i>Julkaisun myynti/ jakaja</i>	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, PL 69, 80101 Joensuu			
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2007			

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Norra Karelen miljöcentral			Datum December 2007
Författare	Markus Leppä			
Publikationens titel	Tummien metsäjärvien ekologisen tilan arviointi pohjaeläimistön avulla (Bedömning av tillståndet för mörka skogssjöar med hjälp av bottenfaunan)			
Publikationsserie och nummer	Norra Karelen miljöcentrals rapporter 9 / 2007			
Publikationens tema				
Publikationens delar/andra publikationer inom samma projekt	Publicationen finns tillgänglig också på internet www.ymparisto.fi/julkaisut			
Sammandrag	<p>I den del av projektet "Utvärdering av tillståndet för vattendragen i Norra Karelen" som behandlade bottenfaunan granskades det ekologiska tillståndet för små sjöar med medelhög och hög humushalt på basis av bottenfaunan. De fjorton granskade sjöarnas bottendjurbestånd beskrev mängden för sjöarnas belastning av näringsämnen och vattnets kemiska kvalitet synnerligen konsekvent. De mest belastade och till vattnets kvalitet mest eutrofierade sjöarna befann sig på basis av bottenfaunan i det sämsta ekologiska tillståndet, och de minst belastade sjöarna i det bästa. Belastningen i humusrika sjöar var högre, och belastningens inverknings avspeglade sig på bottendjurbeståndens sammansättning. En klassificering av det ekologiska tillståndet som gjordes med stöd av arterna i grav-sänkor och baserades på ekologiska kvalitetsförhållanden separerade endast de mest belastade sjöarna i en sämre klass än i gott ekologiskt tillstånd. Den dåliga separationsförmågan torde huvudsakligen bero på det använda materialet med jämförda sjöar som inte till alla sina särdrag representerar sjöar av motsvarande typ i Norra Karelen.</p>			
Nyckelord	Humus, sjöar, Norra Karelen, bottenfaunan, eutrofiering, skogsbruk, diffus belastning, ekologiska tillståndet			
Finansiär/uppdragsgivare	ERUF, Miljöministerie, Norra Karelen miljöcentral			
	ISBN 978-952-11-2877-6 (hft.)	ISBN 978-952-11-2878-3 (PDF)	ISSN 1796-1874 (print)	ISSN 1796-1882 (online)
	Sidantal 32	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) 7 €
Beställningar/distribution	Norra Karelen miljöcentral			
Förläggare	Norra Karelen miljöcentral, PB 69, 80101 Joensuu, Finland			
Tryckeri/tryckningsort och -år	Edita Prima Oy, Helsingfors 2007			

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	North Karelia Regional Environment Centre			<i>Date</i> December 2007
<i>Author(s)</i>	Markus Leppä			
<i>Title of publication</i>	Tummien metsäjärvien ekologisen tilan arviointi pohjaeläimistön avulla (Zoobenthos in the assessment of the ecological status of forest lakes with brown water)			
<i>Publication series and number</i>	Reports of the North Karelia Regional Environment Centre 9 / 2007			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	This publication is also available in the Internet www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Abstract</i>	<p>The zoobenthos subproject, part of the Improving the Status of North Karelian Lakes project, used zoobenthos to study the ecological status of small lakes with medium or high humus content. The zoobenthos in the fourteen lakes under study quite consistently indicated the amount of nutrient load and the chemical quality of the water. Zoobenthos showed that the lakes with the highest load and nutrient rich waters had the worst ecological status, and the lakes with the lightest load the best. Lakes with a high humus content showed higher load, and the effects of the load were evident in the composition of the zoobenthos communities. The classification of ecological status based on the ecological proportions of deep basin species was only able to classify the lakes with the heaviest load to the class below 'good ecological status'. The poor classification power was probably due to the reference data, which came from lakes that are not representative of North Karelian lakes of similar type.</p>			
<i>Keywords</i>	Humus, lakes, North Karelia, zoobenthos, eutrophication, forestry, diffuse loading, ecological status			
<i>Financier/ commissioner</i>	ERDF, The Finnish Ministry of Environment, North Karelia Regional Environment Centre			
	ISBN 978-952-11-2877-6 (pbk.)	ISBN 978-952-11-2878-3 (PDF)	ISSN 1796-1874 (print)	ISSN 1796-1882 (online)
	No. of pages 32	Language Finnish	Restrictions Public	Price (incl. tax 8 %) 7 €
<i>For sale at/ distributor</i>	North Karelia Regional Environment Centre			
<i>Financier of publication</i>	North Karelia Regional Environment Centre, P.O.Box 69, FIN-80101 Joensuu, Finland			
<i>Printing place and year</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2007			



POHJOIS-KARJALAN
YMPÄRISTÖKESKUS

JOENSUUN
YLIOPISTO



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS



ISBN 978-952-11-2877-6 (nid.)

ISBN 978-952-11-2878-3 (PDF)

ISSN 1796-1874 (pain.)

ISSN 1796-1882 (verkkoj.)